

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 09-170402

(43)Date of publication of application : 30.06.1997

(51)Int.Cl.

F01D 9/02

C22C 19/05

C30B 29/52

F01D 25/00

F02C 7/00

(21)Application number : 07-331495

(71)Applicant : HITACHI LTD

(22)Date of filing : 20.12.1995

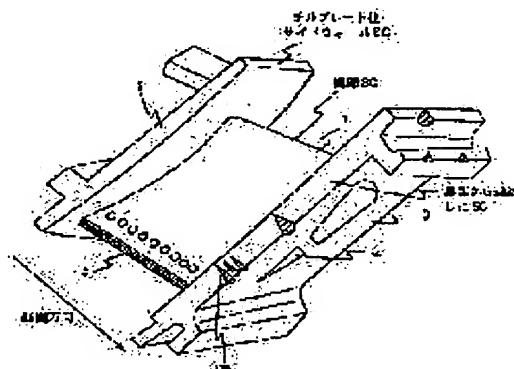
(72)Inventor : TAMAOKI HIDEKI
YOSHINARI AKIRA
KOBAYASHI MITSURU
SAITO TOSHIAKI
WATABE NORIYUKI
DOI HIROYUKI

(54) NOZZLE FOR GAS TURBINE AND MANUFACTURE THEREOF, AND GAS TURBINE USING SAME

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To improve a casting property and heat resisting strength by composing an integrated type gas turbine nozzle having a monocrystal structure at one end of each of its blade part and side wall part, and having a columnar crystal structure solidified in one way or an eqiaxed crystal structure at a contiguous part from the monocrystal structure part.

SOLUTION: In a nozzle of a gas turbine for power generation, an internal cooling structure from a cooling air inlet 4 to a cooling hole 5 is an insert type composed of silica as its main gradient, and casting is implemented using same. The nozzle is provided with a blade part 1 subjected to high temp./ pressure gas and side walls 2, 3 at both ends of the part 1, and is composed of an integrated casting, wherein especially, one end of each of the part 1 and the side wall 2 has a monocrystal structure, while a part of the portion except the one end of them has a monocrystal being contiguous from the monocrystal part, and the rest has a columnar crystal structure being solidified in one way in a continuous manner from the monocrystal structure. It is thus possible to improve high temp. strength and manufacture characteristics.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

* NOTICES *

JPO and NCIPi are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. **** shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

CLAIMS

[Claim(s)]

[Claim 1] The nozzle for gas turbines which the end of said vane and said sidewall is a single crystal, and is characterized by consisting of a casting of one which has the columnar crystal or equiaxed grain which carried out one direction coagulation into the part which the remainder followed from said single crystal in the nozzle for gas turbines which has the sidewall which is the connection section to the ends of the vane exposed to elevated-temperature high pressure gas, and this vane.

[Claim 2] The nozzle for gas turbines characterized by the bearing difference between the crystal grain with which the bearing difference between the vane exposed to elevated-temperature high pressure gas and the crystal grain with which the end of said vane and said sidewall adjoins the ends of this vane in the nozzle for gas turbines which has the sidewall which is the connection section is the columnar crystal of less than 8 times, and the remaining part adjoins consisting of a columnar crystal of less than 20 degrees.

[Claim 3] The nozzle for gas turbines which said vane is a single crystal and is characterized by consisting of a casting of one which has the columnar crystal with which the remainder continued from said single crystal, and which carried out one direction coagulation in the nozzle for gas turbines which has the sidewall which is the connection section at the end of the vane exposed to elevated-temperature high pressure gas, and this vane.

[Claim 4] The nozzle for gas turbines characterized by the bearing difference between the crystal grain with which the bearing difference between the vane exposed to elevated-temperature high pressure gas and the crystal grain with which said vane adjoins the end of this vane in the nozzle for gas turbines which has the sidewall which is the connection section is the columnar crystal of less than 8 times, and the remaining part adjoins consisting of a columnar crystal of less than 20 degrees.

[Claim 5] In the nozzle for gas turbines which has the sidewall which is the connection section to the ends of the vane exposed to elevated-temperature high pressure gas, and this vane the center section of the end of said sidewall with a single crystal. It is the single crystal with which a columnar crystal and equiaxed grain come out on the other hand at least, there are both ends, and said vane continued from the single crystal section of said sidewall. The nozzle for gas turbines characterized by the sidewall of the other end consisting of a casting of one which has either [at least] the columnar crystal which continued from said vane, and which carried out one direction coagulation, or equiaxed grain.

[Claim 6] The bearing difference between the vane exposed to elevated-temperature high pressure gas and the crystal grain with which the end center section of said sidewall adjoins the ends of this vane in the nozzle for gas turbines which has the sidewall which is the connection section with the columnar crystal of less than 8 times. A both-ends corner is equiaxed grain and the bearing difference between the adjoining crystal grain with which the bearing difference between the crystal grain with which this sidewall adjoins carried out one direction coagulation of said vane continuously from the columnar crystal of less than 8 times consists of a columnar crystal of less than 8 times. The nozzle for gas turbines by which the bearing difference between the adjoining crystal grain in which the center section of the sidewall of the other end carried out one direction coagulation continuously from said vane was constituted from a casting of one characterized by the both-ends corner consisting of equiaxed grain at the columnar crystal of less than 20 degrees.

[Claim 7] The nozzle for gas turbines which said vane is a single crystal and is characterized by consisting of a casting of one whose corner is equiaxed grain in the nozzle for gas turbines which has the sidewall which is the connection section at the end of the vane exposed to elevated-temperature high pressure gas, and this vane with the columnar crystal which carried out one direction coagulation continuously from the single crystal with which the center section of said sidewall continued from said single crystal section.

[Claim 8] In the nozzle for gas turbines which has the sidewall which is the connection section at the end of the vane exposed to elevated-temperature high pressure gas, and this vane The bearing difference between the adjoining crystal grain in which the center section of said sidewall carried out one direction coagulation continuously from said vane by the bearing difference between the crystal grain with which said vane adjoins consisting of a columnar crystal of less than 8 times is less than 20 degrees, and it is a columnar crystal. The nozzle for gas turbines characterized by consisting of castings of one with which a corner consists of equiaxed grain.

[Claim 9] It has the sidewall which is the connection section to the ends of the vane exposed to elevated-temperature high pressure gas, and this vane. The part or all, and said vane of a sidewall by the side of a chill plate are a single crystal. It is the manufacturing method of the nozzle for gas turbines which a part or all of a sidewall by the side of the last coagulation section becomes from the casting of one which has the columnar crystal which carried out one direction coagulation continuously from said single crystal section. The manufacturing method of the nozzle for gas turbines characterized by having a coagulation acceleration path between at least one place of said single crystal section, and the sidewall by the side of said last coagulation section, and using a part or all of a sidewall by the side of this last coagulation section as the columnar crystal which carried out one direction coagulation continuously from the single crystal or this single crystal.

[Claim 10] It has the sidewall which is the connection section at the end of the vane exposed to elevated-temperature high pressure gas, and this vane. It is the manufacturing method of the nozzle for gas turbines which consists of a casting of one which said vane is a single crystal and is the columnar crystal in which a part or all of a sidewall carried out one direction coagulation continuously from this single crystal section. The manufacturing method of the nozzle for gas turbines characterized by having a coagulation acceleration path between at least one place and said sidewalls of said single crystal section, and using a part or all of this sidewall as the columnar crystal which carried out one direction coagulation continuously from the single crystal or this single crystal.

[Claim 11] In the nozzle for gas turbines which has the sidewall which is the connection section to the ends of the vane exposed to elevated-temperature high pressure gas, and this vane A part or all of a sidewall by the side of inner circumference is a single crystal, and it is the single crystal with which said vane continued from the single crystal section of the sidewall by the side of this inner circumference. It is the columnar crystal in which a part or all of a sidewall by the side of a periphery carried out one direction coagulation continuously from the single crystal or this single crystal which continued from this single crystal section. The nozzle for gas turbines characterized by consisting of a casting of one which carried out one direction coagulation in the direction of a sidewall by the side of said periphery from the sidewall by the side of said inner circumference.

[Claim 12] In the nozzle for gas turbines which has the sidewall which is the connection section to the ends of the vane exposed to elevated-temperature high pressure gas, and this vane Single-crystal-ize only a vane at least by carrying out one direction coagulation using seed crystal, and it sets to this vane. The nozzle for gas turbines characterized by perpendicularly one of the three <100> directions which crosses vertically mutually growing up other one in parallel to a sidewall longitudinal direction to a sidewall longitudinal direction.

[Claim 13] In the nozzle for gas turbines which has the sidewall which is the connection section to the ends of the vane exposed to elevated-temperature high pressure gas, and this vane Carry out one direction coagulation using seed crystal, and at least, the bearing difference between adjoining crystal grain uses a vane as the columnar crystal of less than 8 times, and it is set to this vane. The nozzle for gas turbines characterized by one of the three <100> directions which crosses vertically mutually growing up less than ≤ 10 degrees from a perpendicular direction, and other one into less than ≤ 10 degrees from a parallel direction to a sidewall longitudinal direction to a sidewall longitudinal direction.

[Claim 14] The manufacturing method of the nozzle for gas turbines characterized by carrying out one direction coagulation using two or more seed crystal in the manufacturing method of the nozzle for gas turbines which has the sidewall which is the connection section to the ends of the vane exposed to elevated-temperature high pressure gas, and this vane.

[Claim 15] The manufacturing method of the nozzle for gas turbines characterized by the bearing difference between adjoining crystal grain using a vane as the columnar crystal of less than 8 times at least in the manufacturing method of the nozzle for gas turbines according to claim 14.

[Claim 16] The manufacturing method of the nozzle for gas turbines characterized by one of the three <100> directions which crosses vertically mutually growing up less than ≤ 10 degrees from a perpendicular

direction, and other one into less than ± 10 degrees from a parallel direction to a sidewall longitudinal direction to a sidewall longitudinal direction in this vane in the manufacturing method of the nozzle for gas turbines according to claim 15.

[Claim 17] The manufacturing method of the nozzle for gas turbines characterized by making a gas entry side direction carry out one direction coagulation in the manufacturing method of the nozzle for gas turbines according to claim 12 to 16 from the gas outlet side direction [from the gas entry side of a vane], or gas outlet side of a vane.

[Claim 18] It is the nozzle for gas turbines which a vane at least is a single crystal in the nozzle for gas turbines which has two or more vanes in the casting of one, and is characterized by including both a columnar crystal, or both [any one or] in the remainder.

[Claim 19] The manufacturing method of the nozzle for gas turbines characterized by carrying out one direction coagulation of the two or more vanes using seed crystal in the manufacturing method of the nozzle for gas turbines which it has into the casting of one, and using a vane as a single crystal at least.

[Claim 20] The nozzle for gas turbines which coated the alloy layer which uses as a principal component Co, nickel, or Co+nickel which contains Cr, aluminum, and Y in either [claims 1-8 and] 11-13 on said vane front face in the nozzle for gas turbines of a publication.

[Claim 21] claims 1-8 and 11- the nozzle for gas turbines which has the thermal barrier coating which becomes 13 or 20 from a ceramic layer on said vane and the outermost front face of the circumference of it in the nozzle for gas turbines of a publication.

[Claim 22] They are claims 1-8, 11-13, and a nozzle for gas turbines given in 20 and 21. Said nozzle for gas turbines By weight %, 2 - 25% of Cr(s), and 1 - 7% [of aluminum] W 2 - 15% and 0.5 - 5% of Ti, 0 - 3% of Nb(s), 0 - 6% of Mo, 1 - 12% of Ta, 0 - 4% of Re, 7.5 - 25% of Co(es), less than [Fe0.5%], C0.20% Nozzle for gas turbines characterized by consisting of a casting of nickel radical alloy containing 0 - 2.0% of Hf(s), less than [Zr0.02%], and 40% or more of nickel B0.002-0.035% hereafter.

[Claim 23] They are claims 1-11 and a nozzle for gas turbines given in 20 and 21. Said nozzle for gas turbines By weight % 2 - 16% of Cr(s), and 4 - 7% [of aluminum] W 2 - 15% and 0.5 - 5% of Ti, 0 - 3% of Nb(s), 0 - 6% of Mo, 2 - 12% of Ta, 0 - 4% of Re, 7.5 - 10.5% of Co(es), and C0.20% The following, B0.002-0.035%, 0.1 - 1.1% of Hf(s), and Zr0.02% Following, It consists of a nickel radical alloy containing 40% or more of nickel. Said amount of C and amount of B And A (C0.10%, B0.002%), The nozzle for gas turbines characterized by consisting of a casting in the range of B (C0%, B0.01%), C (C0%, B0.035%), and D (C0.1%, B0.035%).

[Claim 24] It has the sidewall which is the connection section to the ends of the vane exposed to elevated-temperature high pressure gas, and this vane. A part or all of an end of said sidewall is a single crystal, and it is the single crystal with which said vane continued from the single crystal section of the end of this sidewall. It is the nozzle for gas turbines which this vane, and a part or all of a part except the end of this sidewall becomes from the casting of one which is the columnar crystal which carried out one direction coagulation continuously from the single crystal or this single crystal which continued from this single crystal section. Said casting by weight % 6.0 - 9.0% of Cr(s), and 5 - 6% [of aluminum] W 7 - 10% and 0.5 - 1% of Ti, 0.3 - 0.7% of Mo, 2.5 - 5.0% of Ta, 0 - 3.2% of Re, 8 - 10.5% of Co(es), and 0.03 - 0.1% [of C] B 0,002 - 0.035% and 0.5 - 1.8% of Hf(s), less than [Zr0.02%], And the nozzle for gas turbines characterized by consisting of a nickel radical alloy containing 40% or more of nickel.

[Claim 25] It has the sidewall which is the connection section to the ends of the vane exposed to elevated-temperature high pressure gas, and this vane. A part or all of an end of said sidewall is a single crystal, and it is the single crystal with which said vane continued from the single crystal section of the end of this sidewall. In the nozzle for gas turbines which this vane, and a part or all of a part except the end of this sidewall becomes from the casting of one which is the columnar crystal which carried out one direction coagulation continuously from the single crystal or this single crystal which continued from this single crystal section Said nozzle for gas turbines is weight %. 2 - 16% of Cr(s), and 4 - 7% [of aluminum] W 2 - 15% and 0.5 - 5% of Ti, 0 - 3% of Nb(s), 0 - 6% of Mo, 2 - 12% of Ta, 0 - 4% of Re, 7.5 - 10.5% of Co(es), less than [C0.20%], B0.002-0.035%, 0.1 - 1.1% of Hf(s), and Zr0.02% Following, It consists of a nickel radical alloy containing 40% or more of nickel. Said amount of C and amount of B And A (C0.10%, B0.002%), The nozzle for gas turbines characterized by consisting of a casting in the range of B (C0%, B0.01%), C (C0%, B0.035%), and D (C0.1%, B0.035%).

[Claim 26] In the gas turbine which drives a generator by burning with a combustor the air compressed by the compressor, and rotating a turbine disc with this combustion gas said gas turbine -- three or more steps of turbines -- having -- the first rank of said turbine -- a bucket The vane exposed to elevated-temperature

high pressure gas, and the plat form which is the overhang section for standing in a row in this vane, and intercepting elevated-temperature high pressure gas, The shank section which has the distance for standing in a row in this plat form, and acquiring temperature gradient sufficient between this vane and a disk, The seal fin which is the projection for intercepting the elevated-temperature high pressure gas formed in this shank section, It has the dovetail which is an embedding part to the disk which stands in a row in this shank section. The single crystal with which said vane is a single crystal and this vane and a part of part except said seal fin continued from this vane, from the casting of one which is the columnar crystal in which the remainder carried out one direction coagulation continuously from this single crystal -- becoming -- further -- the first rank of said turbine -- a nozzle It has the sidewall which is the connection section to the ends of the vane exposed to elevated-temperature high pressure gas, and this vane. A part or all of an end of said sidewall is a single crystal, and it is the single crystal with which said vane continued from the single crystal section of the end of this sidewall. The gas turbine characterized by this vane, and a part or all of a part except the end of this sidewall consisting of a casting of one which is the columnar crystal which carried out one direction coagulation continuously from the single crystal or this single crystal which continued from this single crystal section.

[Claim 27] In the gas turbine which drives a generator by burning with a combustor the air compressed by the compressor, and rotating a turbine disc with this combustion gas said gas turbine -- three or more steps of turbines -- having -- said temperature of combustion -- a combustor -- 1500 or more and the first rank -- the inlet port of a turbine -- 1300 degrees C or more -- it is -- the first rank of said turbine -- a nozzle The width of face of a vane has the sidewall which is the connection section to the ends of the vane exposed to elevated-temperature high pressure gas by 70mm or more, and this vane. A part or all of an end of said sidewall is a single crystal, and it is the single crystal with which said vane continued from the single crystal section of the end of this sidewall. This vane, and a part or all of a part except the end of this sidewall consists of a casting of one which is the columnar crystal which carried out one direction coagulation continuously from the single crystal or this single crystal which continued from this single crystal section, and generation-of-electrical-energy capacity is 2.5. Gas turbine characterized by being 10,000 or more kW.

[Claim 28] In the gas turbine which drives a generator by burning with a combustor the air compressed by the compressor, and rotating a turbine disc with this combustion gas said gas turbine -- three or more steps of turbines -- having -- said temperature of combustion -- a combustor -- 1500 degrees C or more and the first rank -- the inlet port of a turbine -- 1300 degrees C or more -- it is -- the first rank of said turbine -- a nozzle The width of face of a vane has the sidewall which is the connection section to the ends of the vane exposed to elevated-temperature high pressure gas by 70mm or more, and this vane. A part or all of an end of said sidewall is a single crystal, and it is the single crystal with which said vane continued from the single crystal section of the end of this sidewall. This vane, and a part or all of a part except the end of this sidewall consists of a casting of one which is the columnar crystal which carried out one direction coagulation continuously from the single crystal or this single crystal which continued from this single crystal section, and said casting is weight %. 6.0 - 9.0% of Cr(s), and 5 - 6% [of aluminum] W 7 - 10% and 0.5 - 1% of Ti, 0.3 - 0.7% of Mo, 2.5 - 5.0% of Ta, 0 - 3.2% of Re, 8 - 10.5% of Co(es), and 0.03 - 0.1% [of C] B 0.002 - 0.035% and 0.5 - 1.8% of Hf(s), less than [Zr0.02%], And it consists of a nickel radical alloy containing 65% or more of nickel, and generation-of-electrical-energy capacity is 2.5. Gas turbine characterized by being 10,000 or more kW.

[Claim 29] The gas turbine driven with the combustion gas of elevated-temperature high voltage, and the exhaust-heat-recovery boiler made to generate a high-pressure steam with the combustion gas of this gas turbine, In the combined cycle power generation plant equipped with the generator driven with the steam turbine driven with said high voltage steam, and said gas turbine and steam turbine Said gas turbine has three or more steps of turbines. With a combustor said temperature of combustion 1500 degrees C or more, It is 560 degrees C or more at the inlet port of a turbine at the outlet of 1300 degrees C or more and the last turbine, the temperature of the steam obtained by said exhaust-heat-recovery boiler is 530 degrees C or more, and said steam turbine is high low voltage one apparatus. the first rank -- 50,000kW or more and the generation-of-electrical-energy capacity of a steam turbine by 30,000kW or more [the generation-of-electrical-energy capacity of said gas turbine] the comprehensive generation efficiency of an entire plant -- 45% or more -- the first rank of said gas turbine -- a turbine nozzle The width of face of an aerofoil has the sidewall which is the connection section to the ends of the vane exposed to elevated-temperature high pressure gas by 100mm or more, and this vane. It is cooled with the closed cooling system for using media other than air for a cooling medium. A part or all of an end of said sidewall is a single crystal, and it is the single crystal with which said vane continued from the single crystal section of the end of this sidewall. This

vane, and a part or all of a part except the end of this sidewall consists of a casting of one which is the columnar crystal which carried out one direction coagulation continuously from the single crystal or this single crystal which continued from this single crystal section, and said casting is weight %. 6.0 - 9.0% of Cr(s), and 5 - 6% [of aluminum] W 7 - 10% and 0.5 - 1% of Ti, 0.3 - 0.7% of Mo, 2.5 - 5.0% of Ta, 0 - 3.2% of Re, 8 - 10.5% of Co(es), 0.03 - 0.1% B 0.002 - 0.035%, 0.5 - 1.8% of Hf(s) of C, Zr0.02% The following and combined cycle power generation plant characterized by consisting of a nickel radical alloy containing 65% or more of nickel.

[Translation done.]

*** NOTICES ***

JPO and NCIPi are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. **** shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

DETAILED DESCRIPTION

[Detailed Description of the Invention]

[0001]

[Field of the Invention] This invention relates to the efficient gas turbine and combined-cycle-power-generation system using this nozzle further about the new nozzle for gas turbines excellent in the creep strength and the heat-resistant fatigability in an elevated temperature.

[0002]

[Description of the Prior Art] For the nozzle of the gas turbine for a generation of electrical energy, the nozzle which prepared the cooling hole in the interior with lifting of nickel radical or Co radical superalloy of the temperature of combustion [the cast is usually used widely and] in recently aiming at improvement in generation efficiency is in use. However, if it leading to decline in generation efficiency on the contrary and the temperature gradient between the front face of an aerofoil and the interior become large, since thermal stress will increase, increasing further the amount of the compressed air used for cooling corresponding to lifting of the temperature of combustion, in order to strengthen internal intercooling cannot respond to lifting of the temperature of combustion beyond the actual condition only by the consolidation of internal intercooling. Then, the above-mentioned nickel radical or the ingredient of Co radical superalloy which usually excelled the cast in strength in high temperature is needed.

[0003] In addition, the alloy shown in a U.S. Pat. No. 4,039,330 official report or a U.S. Pat. No. 4,810,467 official report as the above-mentioned alloy for nickel radical common casting for nozzles, the alloy shown in a U.S. Pat. No. 3,383,205 official report or JP,3-215644,A as an alloy for Co radical common casting for nozzles are mentioned.

[0004]

[Problem(s) to be Solved by the Invention] There are the columnar crystal material and single crystal material of nickel radical superalloy which are used with the bucket or nozzle of an aviation gas turbine as nickel radical for the conventional nozzles or an ingredient of a Co super-radical alloy which usually excelled the cast in strength in high temperature.

[0005] The columnar crystal material of nickel radical superalloy is mainly manufactured with the unidirectional solidification process shown in the U.S. Pat. No. 3,260,505 official report. This approach is an approach of making mold solidifying gradually from a cash drawer and a soffit caudad out of the heated furnace. An improvement of creep strength is possible by making parallel the principal stress direction and the direction of the grain boundary by this approach.

[0006] This columnar crystal material is cast in the alloy shown in JP,56-108852,A, JP,2-153037,A, JP,3-97822,A, etc. However, the alloy for these conventional columnar crystals contains grain boundary consolidation elements, such as B, C, Zr, and Hf, so much for the consolidation of the grain boundary. Although these grain-boundary consolidation elements raise the reinforcement of a grain boundary, a part is segregated between dendrite arms and reduces the melting point of the segregation section remarkably. Therefore, the conventional alloy for columnar crystals cannot make solution-heat-treatment temperature high, and since solution-izing was inadequate, it was not able to raise strength in high temperature substantially. furthermore, although the cooling hole of the nozzle for gas turbines is formed using a ceramic core, molten metal is ***** about a core -- it solidifies in the condition and is cooled to a room temperature after that. When the coefficient of thermal expansion of a core and an alloy is compared, in order that a core may show a value smaller a figure single [about] than a metal, the hardly contracted core will be surrounded, it will contract, big tensile stress occurs in a cooling process, and the coagulation crack along the grain boundary where reinforcement is weak becomes easy to generate an alloy. This coagulation crack is remarkable at the vane used as thin meat in order to heighten the cooling effect, with the nozzle of

the gas turbine for a generation of electrical energy which becomes large-sized compared with the object for aircrafts, it is easier to generate a coagulation crack and the yield worsens.

[0007] On the other hand, as an ingredient which raised strength in high temperature substantially, there is single crystal material of nickel radical superalloy manufactured by the approach shown in a U.S. Pat. No. 3,494,709 official report, and it is applied to the bucket and nozzle of an aviation gas turbine. Although there is an alloy shown in JP,58-63212,A, JP,2-45694,B, JP,3-75619,B, etc. as an alloy used for this, a grain boundary consolidation element is dealt with as an impurity element, since the content is lessened as much as possible, the melting point of the segregation section rises, and each of these makes perfect solution heat treatment possible. Therefore, this alloy for single crystals has strength in high temperature higher 40-50 degrees C than the alloy for columnar crystals. However, since the alloy for single crystals lessens the grain boundary consolidation element as much as possible, the grain boundary is dramatically weak, and if there is a different crystal with which crystal orientation differs, a crack will enter easily in the grain boundary. Usually, if there is the grain boundary, it will become the weakness which is extent into which a crack goes only by cooling after casting. Therefore, it is necessary to use as a perfect single crystal without a different crystal the nozzle cast using the alloy for single crystals. However, the gas turbine for a generation of electrical energy is large-sized compared with the object for aircrafts, and it is dramatically difficult to use a nozzle especially with a complicated configuration as a perfect single crystal.

[0008] With the conventional columnar crystal nozzle, if the thinning of the vane is carried out in order to heighten the cooling effect, in order to become easy to generate a coagulation crack and to prevent a coagulation crack, when a crystal-stressing element is added so much, there is a fault that the improvement in on the strength cannot be aimed at, and improvement in effectiveness of a gas turbine was not able to be aimed at as stated above.

[0009] Moreover, in a large-sized complicated configuration article, since it was easy to generate a different crystal, the single crystal nozzle excellent in high temperature strength had a bad yield, and since it was inapplicable as a nozzle of the gas turbine for a generation of electrical energy, it was not able to aim at improvement in effectiveness of a gas turbine.

[0010] The object of this invention is to offer the nozzle for gas turbines which was excellent in fluidity and was moreover excellent in strength in high temperature, and the gas turbine using the manufacturing method and it.

[0011]

[Means for Solving the Problem] This invention is obtained as a result of examining the crystallinity of the ingredient presentation and gas turbine nozzle which have grain-boundary reinforcement sufficient as a gas turbine nozzle possible [the solution heat treatment in an elevated temperature]. In the nozzle for gas turbines which has the sidewall which is the connection section to the ends of the vane by which this invention is exposed to elevated-temperature high pressure gas, and this vane The single crystal with which the end of said vane and said sidewall is a single crystal, and this vane and a part of part except the end of this sidewall continued from this single crystal section, In the nozzle for gas turbines which the remainder becomes from the casting of one which is the columnar crystal which carried out one direction coagulation continuously from this single crystal, it became clear that the gas turbine nozzle which combines the high temperature strength which is not in the former, and manufacturability is obtained. The bearing difference between the crystal grain which adjoins the bearing difference between each crystal grain at a vane and a part of sidewall can permit especially this invention to 20 degrees in the remaining part less than 8 times.

[0012] moreover, the sidewall which is the connection section -- usually -- the first rank -- although it is in the both sides of a vane in a turbine, henceforth [second stage], it may become only one side In this case, it is using a nozzle as the casting of one which said vane's is a single crystal and is the columnar crystal in which the remainder carried out one direction coagulation continuously from this single crystal, and the gas turbine nozzle which combines the high temperature strength which is not in the former, and manufacturability is obtained.

[0013] It is a vane that the high temperature strength which was most excellent in the gas turbine nozzle is required. Moreover, single-crystal-izing is difficult for a height like a sidewall. Then, a part or all of an end of a sidewall is a single crystal, and the nozzle for gas turbines which consists of a casting of one which is the single crystal with which the vane continued from the single crystal section of the end of this sidewall, and is the columnar crystal in which this vane and a part of part except the end of this sidewall carried out one direction coagulation continuously from the single crystal or this single crystal which continued from this single crystal section is desirable in respect of high temperature strength and manufacturability.

Moreover, a part or all of an end of a sidewall The bearing difference between adjoining crystal grain is the

columnar crystal of less than 8 times, and the bearing difference between the adjoining crystal grain with which the bearing difference between the crystal grain with which this sidewall adjoins carried out one direction coagulation of the vane continuously from the columnar crystal of less than 8 times consists of a columnar crystal of less than 8 times. The same is said of the nozzle for gas turbines which consisted of castings of one with which the bearing difference between the adjoining crystal grain in which this vane and a part of part except the end of this sidewall carried out one direction coagulation continuously from this columnar crystal section consists of a columnar crystal of less than 20 degrees.

[0014] That is, although the bearing difference between the crystal grain with which a vane adjoins from the point of high temperature strength and the point of intercrystalline crack prevention of a thin-walled part needs to be the columnar crystal or the still more desirable perfect single crystal of less than 8 times, the columnar crystal of less than 20 degrees is sufficient as the bearing difference between the crystal grain with which the other parts which the reinforcement like a vane is not required but become still more nearly heavy-gage adjoin. Furthermore, it is also possible to consider as equiaxed grain depending on a part.

[0015] When while will be involved in ends the sidewall side of the end and they are made to solidify the gas turbine nozzle which has a sidewall in the direction of a sidewall, A part of sidewall by the side of a chill plate, or after all reaching and using a vane as a single crystal, In order to use a part or all of a sidewall by the side of the last coagulation section which furthermore turns into the overhang section as the single crystal which continued from this single crystal section, it is effective to prepare a coagulation acceleration path between at least one place of said single crystal section and the sidewall by the side of said last coagulation section. This coagulation acceleration path is effective in prevention of casting defects, such as a shrinkage cavity, even when not single-crystal-izing the sidewall by the side of the last coagulation section. In the gas turbine nozzle which prepared the sidewall only in the end of a vane, coagulation acceleration **** is prepared between a vane or a selector and the single crystal limb between vanes, and a sidewall.

[0016] In the nozzle for gas turbines, a heat-resistant fatigability is important. This is for compressive stress to commit ends to the sidewall and perpendicular direction of a vane during operation with the nozzle for gas turbines of the configuration restrained by the sidewall, and for a tensile stress to act on reverse at the time of shutdown. In order to solve this, the nozzle for gas turbines which only the vane was single-crystal-ized [nozzle] at least and grew up other one perpendicularly in parallel to the sidewall longitudinal direction in this vane to the sidewall longitudinal direction in one of the three $\langle 100 \rangle$ directions which crosses vertically mutually is effective. This will be because thermal stress of the direction can be made small, if the direction which the biggest heat strain generates is made into the $\langle 100 \rangle$ directions, since nickel radical superalloy has the smallest Young's modulus of the $\langle 100 \rangle$ directions. Usually, the seed crystal which changes from the single crystal which controlled crystal orientation beforehand to control of this crystal orientation is used for a starter.

[0017] Usually, when a single crystal is cast using two or more seed crystal, the interface of the crystal which grew from each kind serves as a grain boundary, and reinforcement falls. However, since the nozzle for gas turbines of this invention can permit the bearing difference between adjoining crystal grain to 20 degrees in other parts to 8 degrees at a vane, it can manufacture the casting of one from two or more seed crystal. Then, in order to single-crystal-ize two sidewalls greatly jutted out of the vane, the thing containing a vane for which many parts are single-crystal-ized becomes possible by making the coagulation direction into a gas entry side direction from the gas outlet side direction [from the gas entry side of a vane], or gas outlet side of a vane, and carrying out one direction coagulation of the two sidewalls using respectively different seed crystal as it can do. Moreover, also in the nozzle for gas turbines which has two or more vanes in the casting of one, it becomes possible to single-crystal-ize two or more aerofoils by using two or more seed crystal.

[0018] A vane front face may be coated with the alloy layer which contains Cr, aluminum, and Y excellent in corrosion resistance, and uses both Co, or both [one side or] as the remainder with the nozzle for gas turbines of this invention. Furthermore, in the nozzle for gas turbines of this invention, thermal barrier coating which becomes a vane and the outermost front face of the circumference of it from a ceramic layer may be given.

[0019] Improvement in the high temperature strength by solution treatment is possible for the nozzle for gas turbines of this invention, and it can permit existence of the grain boundary in a part or all other than a vane. This is weight %. 2 - 25% of Cr(s), and 4 - 7% [of aluminum] W 2 - 15% and 0.5 - 5% of Ti, 0 - 3% of Nb (s), 0 - 6% of Mo, 1 - 12% of Ta, 0 - 4% of Re, 7.5 - 25% of Co(es), less than [Fe0.5%], less than [C0.20%], B0.002-0.035%, 0 - 2.0% of Hf(s), and Zr0.02% In the casting which are the following and

nickel radical alloy which contains 45 - 85% of nickel preferably 40% or more, it is possible.

[0020] In order to perform sufficient solution treatment, without producing initial melting substantially especially A crystal-stressing element less than [C0.02%] and B0.002-0.035% at 0.1 - 1.1% of Hf(s), and 0 - 0.02% of Zr And it is desirable that the amount of C and the amount of B are in the range of A (C0.10%, B 0.002%), B (C0%, B0.01%), C (C0%, B0.035%), and D (C0.1%, B0.035%).

[0021] For prevention of the intercrystalline crack at the time of casting, creep strength, a heat-resistant fatigability, and the nozzle for gas turbines that maintained balance in each corrosion resistance and oxidation-resistant property Especially by weight % 6.0 - 9.0% of Cr(s), and 5 - 6% [of aluminum] W 7 - 10% and 0.5 - 1% of Ti, 0.3 - 0.7% of Mo, 2.5 - 5.0% of Ta, 0 - 3.2% of Re, 8 - 10.5% of Co(es), and 0.03 - 0.1% [of C] B 0.002 - 0.035% and 0.3 - 1.8% of Hf(s), less than [Zr0.02%], And the presentation which is nickel radical alloy which contains 65 - 70% of nickel preferably 60% or more is suitable.

[0022] the first rank which receives a big thermal stress load by a metal temperature becoming high most and being especially restrained by the sidewall of ends although the nozzle for gas turbines of this invention can use a turbine for any turbine of three steps or the gas turbine which it has four steps -- it is suitable for the nozzle of a turbine. What used the whole as a columnar crystal or equiaxed grain is used after the second step in many cases.

[0023] It is suitable for the nozzle for gas turbines of this invention for it to be solution-ized in the range below initial melting temperature for 2 to 60 hours, and to perform heat treatment by further 900-1150 degrees C for 8 to 100 hours at 4 - 20 hours and 760-900 degrees C beyond the dissolution temperature of the deposit gamma' phase of the alloy after casting.

[0024] The process which sets mold for the nozzle for gas turbines of this invention to form this nozzle on a water-cooled chill plate, The process which heats said mold to temperature predetermined in a vacuum heating furnace, and the process which casts a molten metal to the mold with which the casting raw material was dissolved within the same vacuum chamber as mold, and the above was heated, It is cast by the process which draws out the mold containing this molten metal from said heating furnace, uses only a vane as a single crystal at least, and uses a part of parts other than said vane as the casting of one which is the columnar crystal which carried out one direction coagulation continuously with the single crystal or this single crystal which carried out one direction coagulation continuously with this vane.

[0025] As for the above-mentioned mold drawer rate, it is desirable to consider as 15 or less cm/h in single crystal manufacture, and if it can check that the vane has been single-crystal-ized, it can make a cash-drawer rate 20 - 45 cm/h with the remainder. Although these are better as they can be manufactured, respectively, about the point of the yield to single crystal manufacture, 10 cm/h extent is desirable. Moreover, since the difference of the crystal orientation between columnar crystals will exceed 20 degrees and will serve as equiaxed grain further about the remainder used as a columnar crystal, if 50 cm/h is exceeded, in order for the crystal orientation difference between the columnar crystals with which 45 or less cm/h is good with columnar crystals, and adjoins to obtain the good columnar crystal of 20 or less degrees, it is 30 - 45 cm/h preferably suitably that a drawer rate is also too slow.

[0026] Although a vane is a single crystal at least, and improvement in the high temperature strength by solution heat treatment is possible for this invention and it is the nozzle for gas turbines which can permit existence of a grain boundary in a part or all other than a vane, the whole nozzle may serve as a single crystal as a result. Moreover, it is characterized by the nozzle of this invention consisting of a casting of one. That is, the whole casting remelts one master INGOTO, and consists of what was continuously solidified from the chill plate section to the one direction, having applied to the last coagulation section, and, as for discontinuous coagulation, i.e., generating of equiaxed grain etc., controlling as much as possible is desirable in respect of high temperature strength. This invention is made to generate a columnar crystal from the single crystal section by changing the configuration of a coagulation interface. The configuration of a coagulation interface is [whenever / mold cash-drawer rate and mold stoving temperature] controllable by changing the cast cross section and the mold cross section. The crystal orientation difference between the columnar crystals with which the columnar crystal obtained by this approach adjoins is a good columnar crystal 20 degrees or less. In this invention, a columnar crystal with few the single crystal sections and bearing differences is obtained, and the description is not to include the process of complicated junction. Furthermore, if it is the presentation of this invention, since the crystal orientation difference between adjoining columnar crystals can be made larger than the usual single crystal alloy, it is possible to obtain the nozzle of high intensity by being able to ease a limit of the bearing difference of the three aforementioned shafts, and performing solution heat treatment.

[0027] In the gas turbine which drives a generator by the second invention of this invention burning with a

combustor the air compressed by the compressor, and rotating a turbine disc with this combustion gas said gas turbine -- three or more steps of turbines -- having -- the first rank of said turbine -- a nozzle It has the sidewall which is the connection section to the ends of the vane exposed to elevated-temperature high pressure gas, and this vane. A part or all of an end of said sidewall is a single crystal, and it is the single crystal with which said vane continued from the single crystal section of the end of this sidewall. It is the gas turbine characterized by this vane, and a part or all of a part except the end of this sidewall consisting of a casting of one which is the columnar crystal which carried out one direction coagulation continuously from the single crystal or this single crystal which continued from this single crystal section.

[0028] this invention -- especially -- the temperature of combustion -- a combustor -- 1500 degrees C or more and the first rank -- the inlet port of a turbine -- 1300 degrees C or more -- it is -- the first rank of said turbine -- the nozzle is suitable for the gas turbine for a generation of electrical energy of elevated-temperature large capacity from which the width of face of a vane is set to 70mm or more. Since this runs short of high temperature strength with the conventional columnar crystal nozzle difficult [it / to single-crystal-ize the whole nozzle] so that a gas turbine becomes large-sized, it is because it cannot respond to elevated-temperature-ization of a gas turbine.

[0029] The gas turbine which drives the fourth invention of this invention with the combustion gas of elevated-temperature high voltage, The exhaust-heat-recovery boiler made to generate a high-pressure steam with the combustion gas of this gas turbine, In the party INDO cycle power generating plant equipped with the generator driven with the steam turbine driven with said high voltage steam, and said gas turbine and steam turbine Said gas turbine has three or more steps of turbines. With a combustor said temperature of combustion 1500 degrees C or more, It is 560 degrees C or more at the inlet port of a turbine at the outlet of 1300 degrees C or more and the last turbine, the temperature of the steam obtained by said exhaust-heat-recovery boiler is 530 degrees C or more, and said steam turbine is high low voltage one apparatus. the first rank -- 50,000kW or more and the generation-of-electrical-energy capacity of a steam turbine by 30,000kW or more [the generation-of-electrical-energy capacity of said gas turbine] the comprehensive generation efficiency of an entire plant -- 45% or more -- the first rank of said gas turbine -- a turbine nozzle The width of face of an aerofoil has the sidewall which is the connection section to the ends of the vane exposed to elevated-temperature high pressure gas by 100mm or more, and this vane. A part or all of an end of said sidewall is a single crystal, and it is the single crystal with which said vane continued from the single crystal section of the end of this sidewall. This vane, and a part or all of a part except the end of this sidewall consists of a casting of one which is the columnar crystal which carried out one direction coagulation continuously from the single crystal or this single crystal which continued from this single crystal section, and the thing of the above-mentioned [said casting] is used.

[0030] The nozzle of a gas turbine is used in the gas of the temperature more than the melting point of nickel radical superalloy. Therefore, a nozzle usually introduces a part of compressed air of a compressor into the interior of a nozzle, and it is cooled so that the skin temperature of a nozzle may become about 1000 degrees C or less. In this case, air flows out of the hole further prepared in the aerofoil front face outside in the shape of a layer, and cools a front face. Furthermore, it is possible to cool a nozzle at higher cooling effectiveness using a medium with the bigger specific heat than air. In this case, in order that a cooling medium may use the inside of the closed cooling path, circulating, a cooling hole is not prepared in a nozzle other than the inlet port and outlet of a cooling medium. This cooling system is called closed cooling system, and a steam is used as a cooling medium in many cases. In this closed cooling system, that a cooling medium is revealed outside leads to the remarkable decline in effectiveness. With the conventional nozzle, since it is not body of revolution, the design which permits existence of a crack has been performed. However, a vane is single-crystal-ized, and since the direction which becomes further the severest [thermal fatigue] is doubled with <100> bearings in which thermal stress becomes small most, it excels in a heat-resistant fatigability and is hard to generate a crack with the nozzle of this invention. Therefore, this invention nozzle can be said to be the suitable nozzle for the gas turbine of closed cooling system.

[0031] The nozzle for gas turbines concerning this invention made as small as possible the difference of the crystal orientation between the crystal grain with which a vane is used as an one direction coagulation columnar crystal, and the columnar crystal section adjoins it other than [a part of] a single crystal and a vane, and made especially the difference less than 20 degrees. Therefore, in spite of having lessened the addition of a grain boundary consolidation element so that solution heat treatment might be possible, it becomes possible to produce the healthy columnar crystal bucket which the vertical crack at the time of coagulation does not generate in the columnar crystal section.

[0032] In this invention, a still more important point is in the point which found out the addition of the

optimal grain boundary consolidation element in the nozzle for gas turbines which has a crystal orientation difference between the adjoining crystal grain by which the above was controlled. This optimal addition solves simultaneously the problem which suits and is contradictory with the conventional technique of making possible solution heat treatment which makes the deposit gamma' phase more than about 50 volume % dissolving in gamma-phase, without preventing ***** at the time of coagulation, and producing about 5% or more of initial melting. The yield can obtain the nozzle for gas turbines which has high and, high creep strength these results. Here, if the difference of crystal orientation exceeds 20 degrees, not only creep strength falls to about 10 - 50% of the reinforcement of a single crystal, but at the time of coagulation, it will become easy to generate a vertical crack in the grain boundary, and the yield will fall to it remarkably. Moreover, if the amount of initial melting exceeds about 8 volume %, even if it makes the deposit gamma' phase more than about 50 volume % dissolve in gamma-phase, creep strength will not improve and a heat-resistant fatigue property will fall remarkably.

[0033] Moreover, it is an alloy containing the aforementioned crystal-stressing element, and, naturally it is also possible to use the whole nozzle as a single crystal. Although the creep strength in an elevated temperature is inferior compared with what was cast in the alloy only for single crystals with which this nozzle does not contain a grain boundary consolidation element, since the bearing difference between adjoining crystal grain is permissible to 20 degrees, except the vane front face which becomes an elevated temperature, the crystal orientation measurement by the X-ray which was required of the conventional single crystal aerofoil can be simplified substantially. Furthermore, there is no effective inspection means to the crystal defect inside an aerofoil, it usually samples, and the aerofoil is cut and inspected by the trial. However, with the nozzle for the gas turbines for a generation of electrical energy with which an aerofoil becomes large-sized, in the sampling trial, reservation of dependability was difficult and it had become a big neck when applying a single crystal nozzle to the gas turbine for a generation of electrical energy. However, in this invention, since the bearing difference between adjoining crystal grain was permissible to 20 degrees except a vane, about the dependability of a nozzle, it could improve substantially and became applicable to the gas turbine for a generation of electrical energy of a high intensity nozzle.

[0034] In this invention, the optimal addition of said grain boundary consolidation element was determined as shown below.

[0035] Hf improves the ductility in the elevated temperature of the grain boundary while having effectiveness in prevention of the vertical crack at the time of coagulation. However, in order that superfluous addition may increase remarkably the amount of eutectic **** generated at the time of coagulation and may make effective solution heat treatment impossible, the maximum addition is 2.0%. It is limited to below. Although Hf can also be made additive-free since Zr or B can be substituted for a part of effectiveness of Hf, 0.1 - 1.1% of Hf needs to be added suitably.

[0036] B and Zr are elements with the highest effectiveness at prevention of the vertical crack at the time of coagulation, and improvement in the high temperature strength of the grain boundary, and the effectiveness is dozens of ppm. It appears from extent. However, nickel and the eutectic of a low-melt point point are both generated, and since the solid-solution limit to nickel is remarkable and small, the addition is restricted severely. A proper addition is B:0.002 - 0.035%, and Zr:0.02%. It is the following.

[0037] C forms carbide and raises the high temperature strength of the grain boundary. However, if it adds superfluously, also into crystal grain, unnecessary carbide will be generated so much and high temperature strength will be reduced on the contrary. therefore, an addition -- 0.20% it restricts to below -- having -- suitable -- 0.03 - 0.1% it is .

[0038] A part of effectiveness over the grain boundary of B and C is common, and it needs the effectiveness of multiplication. It is desirable to carry out relation between the amount of C and the amount of B within limits which connect A (C0.10%, B0.002%), B (C0%, B0.01%), C (C0%, B0.035%), and D (C0.1% and B0.035%) from the propriety of prevention of the vertical crack at this to the time of coagulation and effective solution heat treatment and a viewpoint of high temperature strength.

[0039] The effectiveness of the element of others which are contained in nickel radical superalloy which constitutes the gas turbine bucket of this invention is shown below.

[0040] While Co dissolves in a matrix and raises high temperature strength, it contributes to corrosion-resistant improvement, but if it adds superfluously, a deposit of a harmful intermetallic compound will be promoted and lowering of high temperature strength will be caused. therefore, an addition -- 7.5 - 25% the following -- carrying out -- especially the addition desirable [7.5 - 10.5% of range], and optimal -- 8 - 10.5% it is .

[0041] Although Cr is an essential element for improvement in corrosion resistance, if it adds superfluously,

a harmful intermetallic compound will deposit and high temperature strength will fall remarkably. Therefore, an addition is made into 2 - 25% or less, 2 - 16% of its range is especially desirable, and the optimal addition is 6 - 9%. aluminum and Ti are aluminum:1-7% and Ti:0.5-5%, in order to be an essential element for depositing, the gamma' phase 3 (Al, Ti), i.e., nickel, which is the reinforcer of nickel radical superalloy, and to obtain high temperature strength sufficient as nozzle material for the gas turbines for a generation of electrical energy. Addition is required. furthermore -- desirable -- aluminum:4-7% and Ti:0.5-5% it is -- the most suitable range -- aluminum:5-6% and Ti:0.5-1% it is .

[0042] Although Nb and Ta dissolve to gamma' phase which is a precipitation-strengthening phase and contribute to improvement in high temperature strength, if it adds superfluously, they will be segregated to the grain boundary and will reduce high temperature strength on the contrary. Making an addition into less than [Nb:3%] and Ta:1-12%, especially the optimum range of Ta is 2.5 - 5%.

[0043] W, Mo, and Re carry out solid solution strengthening of gamma-phase [of a matrix], and its effectiveness is large to especially an improvement of long duration reinforcement. However, if it adds superfluously, it will lead to the deposit of an intermetallic compound or the primary solid solution of W, Mo, and Re, and high temperature strength will be reduced on the contrary. Then, it considers as less than [Mo:6%] and less than [Re:4%] W:2 to 15%, and an addition is W:7 - 10%, 0.3 - 0.7% or less of Mo, and Re:0-3.2% especially. The range is desirable.

[0044]

[Embodiment of the Invention]

[Example 1] Drawing 1 is the perspective view of the nozzle for gas turbines for a generation of electrical energy concerning this invention. The internal intercooling structure applied to the cooling hole 5 from the cooling air input 4 is a top view of a core where drawing 2 uses a silica as a principal component, and casting is performed using it. A core is removed by the alkali solution after casting.

[0045] Drawing 3 is the schematic diagram of equipment to show the manufacture approach which solidifies this invention nozzle from an inner circumference side to a periphery side. Also when making it solidify from a periphery side to an inner circumference side, the same equipment can perform. First, the ceramic mold 16 which uses an alumina as a principal component is fixed on the water-cooled copper chill plate 11. It is heated all over the mold heating furnace 18 more than the melting point of nickel radical superalloy. Next, the alloy was dissolved with the fusion furnace 19, the molten metal was cast in the ceramic mold 16, and one direction coagulation of a cash drawer and the alloy was caudad carried out for the water-cooled copper chill plate 11 from the mold heating furnace 18 after maintenance for about 5 minutes. In one direction coagulation, many crystals are generated with a starter 12 at first, and then only one crystal is selectively grown up by the selector 13, and let the part above a selector be a single crystal. Although this single crystal was expanded by the limb 14, since the big overhang section existed in the direction vertical to the coagulation direction, it prepared two or more these limbs by this example. Thereby, although it became possible to use a sidewall 2 as a perfect single crystal as shown in drawing 4 , also when a columnar crystal existed in the part shown in drawing 5 , it was. Furthermore, there were some to which equiaxed grain exists in the edge of the sidewall 2 shown in drawing 5 depending on the case. A single crystal and DS of SC are columnar crystals among drawing. The rate is about 50% of things which become a single crystal thoroughly, and about 3% of things in which equiaxed grain exists. When the alloy shown in a table 1 is used, even if a columnar crystal exists in a sidewall, in a nozzle, there is no big problem on reinforcement. Moreover, it may not become a problem even if equiaxed grain exists in a sidewall depending on the service condition of the system. In this case, omitting is possible except the limb connected with a vane, and since it lengthens at the edge of a sidewall 2 and becomes easy to generate a blow hole, it is desirable to prepare two or more limbs also in respect of the yield. In the sidewall 3 by the side of a periphery, a core is comparatively easy to consider as the single crystal or columnar crystal which carried out one direction coagulation continuously from the vane. However, in order to use the overhang section of a sidewall 3 as a single crystal or a columnar crystal, it is effective to form the coagulation acceleration path 15, as shown in drawing 6 .

[0046]

[A table 1]

表 1

(wt% ; 残部Ni)

	Cr	Co	W	Re	Mo	Ta	Nb	Al	Ti	Hf	C	B	Zr
合金A	22	19	2.0	—	—	1.1	0.8	2.3	3.5	0.75	0.15	0.010	0.010
合金B	22	19	2.0	—	—	1.5	1.0	1.9	3.6	—	0.15	0.009	0.009
合金C	23	21	6.9	—	—	1.2	0.9	1.6	2.7	—	0.12	0.009	—
合金D	8.1	9.2	8.5	—	0.5	3.2	—	5.6	0.7	1.4	0.07	0.015	0.15

[0047] In this invention, this is used, also in order to single-crystal-ize the overhang section and to columnar-crystal-ize. Therefore, not only the single crystal section but the columnar crystal section is sufficient as the origin of a coagulation acceleration path. In this example, two or more coagulation acceleration paths were established in the overhang section of a sidewall 3 from the single crystal section or the columnar crystal section of a sidewall 2 by the side of a chill plate. This became possible to use the sidewall 3 whole as a single crystal or a columnar crystal by about 80% or more of yield. If it is the alloy shown in a table 1 as aforementioned, even if a sidewall 3 is a columnar crystal, in operating with the system, it has satisfactory reinforcement. In this example, that from which the whole nozzle also including the edge of sidewalls 2 and 3 became a perfect single crystal was about 5% of the whole. The yield is improvable to about 70% by using the alloy containing the grain boundary consolidation element which this result shows that the yield at the time of using the alloy only for single crystals is about 5%, and is shown in a table 1 in this example. In addition, with the etching reagent of 100% hydrochloric-acid:100% hydrogen-peroxide-solution =9:1, macroetching of the above crystallinity was carried out and it was checked.

[0048] In addition, the ceramic mold 16 was pulled out thoroughly, and the mold heating furnace 18 was maintained at the elevated temperature until coagulation was completed. Moreover, all the processes of the above-mentioned dissolution and coagulation were performed in the vacuum. Casting conditions are shown in a table 2. Whenever [mold stoving temperature] inserted and measured the thermocouple into the part equivalent to the vane 1 in mold 16. The heating furnace 18 was made into the two-step heating method, and a diaphragm and a spiral water-cooled copper pipe are installed in the lower part, and it was made for the temperature gradient in a coagulation interface to become large further so that coagulation may tend to advance to an one direction.

[0049] The die length between the sidewalls of the vane 1 of the nozzle of this example is about 100mm.

[0050]

[A table 2]

表 2

鑄型加熱温度	1 5 4 0 ℃
鑄込み温度	1 5 5 0 ℃
鑄型引出し速度	1 0 cm / h
鑄型材質	アルミナ系セラミック鑄型

[0051] [Example 2] According to the approach shown in an example 1, the nozzle for gas turbines for a generation of electrical energy was cast using the alloy shown in a table 3. As shown in drawing 4, the less than 20-degree columnar crystal existed [the bearing difference between the crystal grain with which a vane 1 and a sidewall 2 are completely single crystals, and this nozzle adjoins in a sidewall 3] in the part. Moreover, the casting crack along the grain boundary was not accepted.

[0052] Solution heat treatment (1250-1280 degrees C and 4-12h) was performed to the above-mentioned nozzle in the vacuum. By this heat treatment, the big and rough deposit gamma' phase of 50 - 90% of field was able to be solution-ized at the rate of the volume, without producing 5% or more of initial melting. Particle size is about 0.5 micrometers to the field to which 2-10h, and 800-950 degrees C performed two-step aging heat treatment of 4-50h at 1000-1150 degrees C after solution heat treatment, and gamma' phase was solution-ized. Detailed gamma' phase was deposited. The tabular test piece of the thickness of 2.5mm, width of face of 4mm, and 200mm of parallel part chiefs was extracted, and the creep strength of a nozzle was evaluated so that the bearing difference of a stress axis and <100> bearings might become less than 10 degrees from the vane of this nozzle.

[0053] Drawing 7 is the diagram showing the relation of the creep rupture time of a nozzle and gamma' phase which performed solution treatment, and improved by about 1.5 to 2.5 times compared with what does not perform solution heat treatment.

[0054]

[A table 3]

表 3

(wt%;残部Ni)

Cr	Co	W	Re	Mo	Ta	Nb	Al	Ti	Hf	C	B	Zr
6.0	9.0	8.0	2.8	0.3	3.0	0.1	5.5	0.5	0.5	0.05	0.010	0.005
?	?	?	?	?	?	以下	?	?	?	?	?	?
7.0	9.5	9.0	3.1	0.7	3.5		6.0	0.8	1.0	0.10	0.025	0.010

[0055] In addition, since the crystal orientation of the growth direction of each columnar crystal and a perpendicular direction was uncontrollable by casting for the conventional columnar crystals, the intercrystalline crack occurred in the grain boundary where the bearing difference between adjoining crystal grain is large (about 20 degrees or more) at the time of casting, and the yield was bad. Since it was possible to make into less than 20 degrees the bearing difference between the crystal grain which adjoins also in the columnar crystal section by using the coagulation initiation section as a single crystal by the approach of this invention in order to use this single crystal as a seed and to grow up a columnar crystal, it did not generate but the intercrystalline crack became possible [manufacturing a high intensity nozzle by the high yield]. Consequently, it is 2 14 kgf/mm 1040 degrees C by performing solution treatment, while the yield improves about 5 times with 15 to 70% compared with the conventional columnar crystal nozzle. The creep rupture time of conditions improved more than twice with 193 to 456h by the vane. Moreover, although a part of sidewall section of this invention nozzle is a columnar crystal, it is performing solution heat treatment and the creep rupture time of the columnar crystal section also becomes twice [about] the conventional columnar crystal nozzle.

[0056] If this invention nozzle is compared with a single crystal nozzle, this invention nozzle is inferior to the single crystal nozzle in elevated-temperature creep strength. However, since this invention nozzle contains the grain boundary consolidation element, it can permit existence of the grain boundary in parts other than a vane. Therefore, compared with the conventional single crystal nozzle which cannot permit existence of the grain boundary, the manufacture yield improves by leaps and bounds. Moreover, the tensile strength near 700 degree C of the columnar crystal section of this invention nozzle was higher than the single crystal nozzle about ten percent. It can be said that the structure which makes a vane as a single crystal and makes it a columnar crystal except a vane is very effective as a nozzle for gas turbines for a generation of electrical energy since not the creep strength in an elevated temperature but the tensile strength in the temperature field near 700 degree C is required of the sidewall section, although it is thought that the grain boundary of a columnar crystal has contributed this to improvement in tensile strength.

[0057] The casting conditions of a nozzle and an alloy presentation are shown in a table 4 this invention nozzle and conventionally.

[0058]

[A table 4]

表 4

原料の種類	製造条件			クリープ試験時間		引張り強度 (kgf/cm ²)		合金組成 (Ni: 残, wt%)												
	溶湯温度	炉内昇熱率	炉内保温率	歩留り	試験時間	R.T.	500℃	C	Cr	Co	Ca	V	Re	Mo	Ta	Al	Ti	Hf	B	Zr
本発明	1540℃	9%	30%	70%	450h	102	98	0.05	5.0	0.0	9.0	0.0	2.0	0.3	3.0	3.5	0.5	0.5	0.010	0.005
	1540℃	75%	20%	15%	450h	115*	89*	~0.10	~1.0	~0.10	~3.1	~0.0	~3.1	~0.7	~4.0	~0.0	~0.9	~1.0	~4.023	~0.016
従来品/スル	1540℃	75%	20%	15%	130h	100	107	0.07	0.9	0.7	0.5	0.5	3.0	0.3	3.2	5.0	0.09	1.4	0.015	0.008
従来品/スル	1600℃	4%	0%	5%	725h	101	102	0.09	6.6	0.6	6.4	0.4	3.0	0.0	3.1	1.0	0.1	—	—	—

クリープ試験条件: 1040℃ - 14kgf/cm²

試験片は縦向き(クリープ試験機、引張り試験)

本発明: 黒印は黒部(黒部), 灰印は灰部(灰部)

注: 品質: 黒部

単位: 重量%

本発明及び従来品/スルは溶体化処理を要し、注: 品質/スルは溶体化処理の要。

[0059] [Example 3] In the example 2, solution heat treatment was able to be performed for this invention nozzle containing a crystal-stressing element for controlling the addition of C, B, Hf, and Zr and raising the melting point of eutectic structure. How to raise the melting point of eutectic structure is described maintaining the reinforcement of the grain boundary below.

[0060] The alloy containing the conventional crystal-stressing element contained C, B, Hf, Zr, etc. so much, and since the melting point of the eutectic section was low, sufficient solution heat treatment was not able to do it. Then, it is Cr:2.0-16.0% at weight. Co:7.5 - 10.5%W : 2.0 - 15.0% Re:0-4.0%Mo:0-6.0% Ta: 2.0-12.0%aluminum:4.0-7.0% Ti: 0.5-5.0%Zr:0-0.02% The solution heat treatment which makes 50% or more of deposit gamma' phase dissolve in gamma-phase at the rate of the volume, without changing the rate of the amount of C of an alloy and the amount of B, and producing initial melting 5% or more at the rate of the volume about the alloy of nickel radical containing Hf:0.1-1.1% is possible. And the presentation which an intercrystalline crack does not produce at the time of casting was considered. In addition, examination was performed by casting the nozzle of the configuration actually shown in drawing 1.

[0061] In order to make 50% or more of deposit gamma' phase dissolve in gamma-phase at the rate of the volume, without producing initial melting 5% or more at the rate of the volume, it is the amount of C 0.2% It is the amount of the following and B 0.035% It needed to be made below. However, in this range, when

the usual columnar crystal nozzle with the random bearing difference between adjoining crystal grain was cast, except for the edge of a sidewall, the intercrystalline crack occurred on the whole surface mostly. The gestalt of a typical intercrystalline crack is shown in drawing 8.

[0062] Next, the nozzle was cast in the approach shown in an example 1. In this case, in the vane which solidifies a core by ***** and is used as thin meat, as shown in drawing 9, when the bearing difference between the crystal grain which also adjoins a chill plate side sidewall was less than 8 degrees, the intercrystalline crack was not generated. Moreover, in the sidewall section, when the bearing difference between adjoining crystal grain was less than 20 degrees, an intercrystalline crack did not occur.

[0063] Furthermore, when the amount of C was made and the amount of B was made into 0.005% or less 0.025% or less, with the usual columnar crystal nozzle, the intercrystalline crack occurred all over including the edge of a sidewall. With the nozzle cast in the approach shown in an example 1, in the sidewall section, even if the bearing difference between adjoining crystal grain was less than 20 degrees, in the case of 8 degrees or more, the intercrystalline crack occurred. In a vane, when the bearing difference between adjoining crystal grain was less than 5 degrees, the intercrystalline crack was not generated.

[0064] When the part fused the first stage exceeds 5% of rates of the volume, it is 2 14 kgf/mm 1040 degrees C. Creep rupture time did not fulfill 300h. Moreover, 50% or less of case was not filled the amount of the solution-ized deposit gamma' phase with the rate of the volume into 300h, either. Moreover, without the amount of C producing initial melting 5% or more at the rate of the volume in 0.1% or more, even if it made 50% or more of deposit gamma' phase dissolve in gamma-phase at the rate of the volume, there was a case where fracture time amount was less than 300h. The above result is collectively shown in drawing 10. The nozzle which is excellent in high temperature strength, and does not produce an intercrystalline crack from this drawing The bearing difference between the crystal grain with which the bearing difference between the crystal grain which adjoins a vane adjoins a less than 8-degree columnar crystal and a sidewall considers as a less than 20-degree columnar crystal. It turns out that the amount of C and the amount of B can be manufactured by making it the range of A (C0.10%, B0.002%), B (C0%, B0.01%), C (C0%, B0.035%), and D (C0.1%, B0.035%).

[0065] [Example 4] A nozzle is made to solidify in a sidewall longitudinal direction and the direction of a right angle in the example 1. In this case, it is convenient when easing thermal stress, since the growth direction turns into the <100> directions and this direction is in agreement with the direction of a nozzle where thermal stress is the severest. However, from a viewpoint of casting, to the coagulation direction, since there is much overhang section to the direction of a right angle, coagulation tends to become discontinuous, and there are problems, such as generating of equiaxed grain and a shrinkage cavity. Then, the sidewall longitudinal direction and the parallel direction were made to solidify a nozzle in this example. The coagulation direction was made into the gas outlet side from the gas inlet side of a vane, and it was cast using seed crystal in order to double the <100> directions in the thermal stress the sidewall longitudinal direction and the direction of a right angle which become the severest, as shown in drawing 11. Moreover, another <100> direction was doubled in the coagulation direction. A gating system plan is shown in drawing 12. The limb established the coagulation acceleration path in the overhang section by dividing into three. In this casting plan, the crystal defect incidence rate of the sidewall section fell compared with the approach shown in an example 1.

[0066] [Example 5] Drawing 13 is the perspective view of the nozzle of the example which has two vanes in the casting of one. Since a vane becomes [the overhang section of the coagulation direction and a perpendicular direction] very large compared with the nozzle of one sheet, by the conventional approach, single-crystal-izing is dramatically difficult for this type of nozzle. Then, as shown in drawing 14, the casting direction was carried out perpendicularly at the sidewall longitudinal direction, and seed crystal was prepared in the bottom of each vane. Bearing of seed crystal made the <100> directions, the sidewall longitudinal direction, and the parallel direction another <100> directions for the coagulation direction. The presentation of the alloy used for casting is the same as that of what was shown in a table 1. When it casts using two or more seed crystal, the interface of the crystal grain which used different seed crystal as the nucleus serves as the grain boundary. Even when two or more seed crystal which is for bearing of the coagulation direction and a perpendicular direction to rotate gradually, and doubled crystal orientation during coagulation at accuracy when a large-sized article was cast in an unidirectional solidification process is used, it is difficult for this to store the bearing difference of the coalesce section in less than 3-degree extent. For this reason, it is dramatically difficult to cast in the conventional single crystal alloy which cannot permit existence of the grain boundary in this way, using seed crystal two or more. However, when seed crystal is set to one, it is also difficult to become easy to generate a different crystal in the overhang

section, and to single-crystal-ize only a vane. Therefore, the manufacture of the nozzle for gas turbines for a large-sized generation of electrical energy which has two or more vanes in the casting of one which uses a vane as a single crystal at least in a conventional method was difficult. However, in this invention, since the bearing difference between adjoining crystal grain was permissible to 20 degrees in especially a sidewall to 8 degrees, it is using two or more seed crystal, and manufacture of the large-sized nozzle which uses only a vane as a single crystal at least was attained. Moreover, a vane is able to single-crystal-ize the overhang section also in one nozzle according to the approach of this invention, using seed crystal two or more.

[0067] Drawing 15 is the top view in which the 2 crystal plate with a thickness of 15mm was cast, in order to evaluate the reinforcement of the grain boundary of the single crystal which grew from two seed crystal. The test piece logging direction was made into the grain boundary, the perpendicular direction, and the parallel direction as shown in drawing 10. Moreover, the difference of the crystal orientation of the coagulation direction of the 2 crystal plate used for the trial was less than 1 degree.

[0068] The presentation of the alloy used for the trial is shown in a table 5. Among these, a comparison alloy is a single crystal alloy shown in JP,3-75619,B, and performed heat treatment shown in JP,3-75619,B. The heat treatment conditions of this invention alloy were made into the solution-heat-treatment (1250-1280-degree-C and 4-20h) back in the vacuum, and made them as two-step aging heat treatment of 4-50h by 1000-1150 degrees C at 2-10h, and 800-950 degrees C. A test result is shown in a table 6. This result shows that the difference of crystal orientation cannot permit the difference of crystal orientation with the slight comparison alloy which is a single crystal alloy to the lowering on the strength with sharp 20 degrees not being accepted, as for this invention alloy, either.

[0069]

[A table 5]

表 5

(wt% ; 残部Ni)													
	Cr	Co	W	Re	Mo	Ta	Nb	Al	Ti	Hf	C	B	Zr
本発明	6.4	9.3	6.2	2.8	0.5	6.3	—	5.4	0.8	0.10	0.03	0.002	0.02 以下
	>	>	>	>	>	>	—	>	>	>	>	>	
比較合金	6.8	10.0	6.6	3.2	0.7	6.7	—	5.8	1.2	1.1	0.10	0.035	—
	7.8	4.6	8.0	—	0.5	6.0	—	5.6	1.0	—	—	—	

[0070]

[A table 6]

表 6

	方位差 (凝固方向と 垂直方向)	試験片 採取方向	クリープ破断時間 (1040℃ - 14kgf/mm ²)
本発明	3°	平行	4 3 7 h
		垂直	3 9 9 h
	12°	平行	4 1 5 h
		垂直	2 2 5 h
	18°	平行	4 2 1 h
		垂直	1 1 5 h
比較合金	1°以下	平行	4 4 6 h
		垂直	4 2 3 h
	5°	平行	3 5 0 h
		垂直	1 2 h
	10°	平行	1 0 h
		垂直	0.3 h

[0071] [Example 6] It is manufactured like the above-mentioned which corresponds to the following claim as a gas turbine nozzle of this invention.

[0072] That to which drawing 16 corresponds to claim 3, the thing to which drawing 17 corresponds to claim 4, the thing to which drawing 18 corresponds to claim 6, the thing to which drawing 19 corresponds to claim 7, the thing to which drawing 20 corresponds to claim 8, the thing to which drawing 21 corresponds to

claim 10, the thing to which drawing 22 corresponds to claim 11, and drawing 23 correspond to claim 13. [0073] [Example 7] Drawing 24 is the sectional view of a gas turbine rotating part. For 30, as for a turbine bucket and 40, a turbine stub shaft and 33 are [a turbine nozzle and 43] turbine stacking bolts. The gas turbine of this invention consists of one shaft type stacking type Rota, and the number of compressor discs 36 of those with 17 step and a turbine disc 34 is three. The bucket and nozzle of the first rank and a second stage turbine are air cooling. There are 16 tins of combustors by the slot cool formula by the berth flow form. The compression ratio of a compressor is 14:1 and outlet temperature is 400 degrees C. The temperature of combustion in a combustor is 1475 degrees C, and the gas temperature in a turbine inlet port is 1350 degrees C.

[0074] The DISUTANTO piece 49, a turbine disc 34, a spacer 48, and the stacking bolt 43 are weight, and nickel radical superalloy which consists of the remainder nickel is used C:0.01 - 0.05%, and Si:0.10-0.30% 0.10 - 0.30% of Mn, Cr:13.0-19.0%, Fe:35.0-45.0%, Mo:0.1-1.0%, Nb:2.0-4.0%, Ti:1.0-2.5%, aluminum:0.1-0.3%, and Co:0.1-0.9%. As a property in this example, tensile strength is 100 to 115 kgf/mm² or 0.2%. They were 2 and 10 - 25% of elongation percentages with a proof stress of 80 to 90 kgf/mm, and 35 - 65% of contraction percentages (all are the values of 538 degrees C).

[0075] Although there were three steps of turbine nozzles 40, this invention article was applied to the first rank of them. the first rank -- although the nozzle all came out of one vane and had 82 sheets by the type which consists of one cast, the nozzle manufactured with the selector shown in the example 1 four of sheets [them] and the nozzle manufactured by the seed crystal method shown in the example 4 at other four sheets were applied. Among these, the nozzle manufactured by the seed crystal method made two sheets what the sidewall longitudinal direction and the parallel direction were made to carry out one direction coagulation, made bearing of the coagulation direction <100> bearings, and set vertical bearing to <100> at the sidewall longitudinal direction, and the thing set to <110> at a time. Moreover, the nozzle manufactured with the selector was made into one thing thoroughly used as the single crystal to the sidewall, two sheets which used a part of sidewall by the side of a periphery as the columnar crystal, and one thing to which a part of sidewall by the side of a periphery is a columnar crystal, and equiaxed grain exists in the edge of the sidewall by the side of inner circumference and a periphery. The alloy made heat treatment conditions in the vacuum +871 degrees-C-20h [of 1250-1280 degrees-C and +1080 degrees-C-4h / of 4-20h after water-cooled / after air cooling] after air cooling using the alloy E in a table 7. Although the nozzle of a second stage was a type which has a sidewall only in one side, a vane is a single crystal and used for eight of sheets of this the nozzle which used a part of sidewall as the columnar crystal. This nozzle was cast in the selector and made to carry out one direction coagulation in the direction of a sidewall from a vane side. The alloy used the alloy F in a table 7. The nozzle of the third step is also a cantilever type and the equiaxed grain of the alloy F in a table 7 was used. The heat treatment conditions of the second and third nozzle were made into +871 degrees-C-20h [of +1080 degrees-C-4h / of 1230 degree-C-2h after air cooling / after air cooling] after air cooling.

[0076]

[A table 7]

表 7

(wt% : 殘部Ni)													
	Cr	Co	W	Re	Mo	Ta	Nb	Al	Ti	Hf	C	B	Zr
合金E	8.0	9.0	8.0	2.8	0.3	3.0	0.1 以下	5.5	0.5	0.5	0.05	0.010	0.005
	>	>	>	>	>	>		>	>	>	>	>	>
	7.0	9.5	9.0	3.1	0.7	3.5		6.0	0.9	1.0	0.09	0.025	0.010
合金F	7.5	9.0	8.3	—	0.4	3.0	0.1 以下	5.4	0.6	1.2	0.07	0.010	0.007
	>	>	>		>	>		>	>	>	>	>	>
	8.5	10.5	10.5		0.6	3.3		5.7	1.2	1.8	0.18	0.020	0.015

[0077] Although there were three steps of turbine buckets 33, the single crystal aerofoil which the alloy E in a table 7 cast was used for the first rank of them (235mm of length of a wing). heat treatment conditions -- the first rank -- it was presupposed that it is the same as that of a nozzle. Moreover, the columnar crystal aerofoil cast in the alloy of the B-0.005% Zr-1.4%Hf [of 0.07%C-6.0%Cr-9.3%Co-0.5%Mo-8.4%W-2.9%Re-3.4%Ta-5.7%aluminum-0.7%Ti-0.015%]-remainder nickel (% of the weight) was used for the second stage bucket (280mm of length of a wing), and the third step bucket (350mm of length of a wing). Heat treatment conditions were made into +871 degrees-C-20h [of 1080 degree-C-4h after air cooling] after air

cooling.

[0078] The generation-of-electrical-energy output obtained by this example is 60 MW, and, as for thermal efficiency, 34% or more of high thing is obtained.

[0079] The gas turbine of this example was inspected routinely about one year after, and the breakage situation of this invention nozzle applied to the first rank was investigated. And the part was attained to the sidewall. [this invention nozzle and the equiaxed grain nozzle of a presentation of 0.15%C-20%Co-23%Cr-2%W-0.01%B-0.5%Fe-3.7%Ti-1.0%Nb-1.4%Ta-1.9%aluminum-remainder nickel (% of the weight) currently used for coincidence] [the vane] [the crack of a sidewall and a perpendicular direction] It is thought that this crack was produced with thermal stress. On the other hand, it created by the thing and seed crystal method which were created with the selector among this invention nozzles, and, even in after the activity for about one year, a crack did not exist in what set perpendicular direction bearing to <100> at the sidewall longitudinal direction at all. Moreover, the crack was not found in the sidewall section in which a columnar crystal and equiaxed grain exist, either. However, a small number of crack was found very much in the vane what set perpendicular direction bearing to <110> at the sidewall longitudinal direction. The heat-resistant stress nature which was excellent in this invention nozzle which used the vane as the single crystal and set a sidewall longitudinal direction and perpendicular direction bearing to <100> is shown, and the above result shows that there is nothing on system operation a problem in any way, even if a columnar crystal or equiaxed grain exists in the sidewall section from which temperature does not serve as an elevated temperature more nearly further in a vane. The elevated-temperature low cycle fatigue test result of the alloy E in the table 7 used for this invention nozzle at drawing 25 is shown. When crystal orientation is equal, the fatigue life of a single crystal and a columnar crystal is almost the same, and this result shows that a fatigue life also with a columnar crystal equivalent to a single crystal will be acquired if the direction which becomes the highest [thermal stress] is made into the <100> directions from this.

[0080] [Example 8] Drawing 26 is the schematic diagram showing the 1 shaft type combined-cycle-power-generation system which used together the gas turbine and steam turbine of an example 6.

[0081] When generating electricity using a gas turbine, it is in the inclination which adopts the so-called combined cycle power generation method to drive a steam turbine with the steam which collected and obtained the exhaust gas energy of a gas turbine while driving a gas turbine by using liquefied natural gas (LNG) as a fuel, and to have made it drive a generator by this steam turbine and gas turbine, in recent years. In this combined cycle power generation method, about 46% or more of high high temperature effectiveness becomes possible from 40% of thermal efficiency in the case of the conventional steam turbine independent by the following system configurations.

[0082] Air goes into the air compressor of a gas turbine through an air cleaner and a steamy silencer first. The air which was compressed about 14 times here and became about 400 degrees C is led to a low NOx type combustor. With a combustor, a fuel is injected to this compressed air, it considers as 1470-degree C elevated-temperature high pressure gas, and power occurs at this gas working in a turbine.

[0083] The exhaust gas 530 degrees C or more discharged from the turbine is sent to an exhaust-heat-recovery boiler through an exhaust air silencer, and a high voltage steam 530 degrees C or more is obtained from this heat energy. The denitrification plant by dry type ammonia catalytic reduction is prepared in this boiler. Exhaust gas is discharged outside from a chimney stack with a height [of the 3 piece aggregate] of about 200m. The high-pressure and low-pressure steam generated by the exhaust-heat-recovery boiler is sent to the steam turbine which really [high low voltage] consists of Rota.

[0084] The steam which worked with the steam turbine becomes the condensation by which the vacuum deairing was carried out with the condenser, pressure up of it is carried out with a condensate pump, it is supplying water, and is sent to a boiler. A gas turbine and a steam turbine drive and generate a generator from the ends of one generator. The steam used with the steam turbine other than the usual compressed air may be used for cooling of the elevated-temperature section of the gas turbine used for such a combined cycle power generation system. Since the specific heat is large and light as compared with air, compared with air, cooling effectiveness of a steam is high. In this case, the system by which a steam circulates through the inside of the closed space is formed for the improvement in effectiveness, and a bucket and a nozzle serve as a closed type which does not have a cooling hole like air cooling. Since it is hard to generate the crack by thermal fatigue, this invention nozzle is suitable as a nozzle of a closed type, as shown in the example 6.

[0085] As for this combined generation-of-electrical-energy system, a gas turbine performs the generation of electrical energy 60 MW and whose steam turbine are 30 MW. Since this system becomes compact compared with the steam turbine of an equivalent generation-of-electrical-energy capacity, it is cheaper than

a steam turbine and can manufacture.

[0086] The steam turbine concerning this invention is used as a high low voltage one apparatus steam turbine, and the increment in the single opportunity output of a turbine can be aimed at by the steam pressure of the main steam inlet-port section of this high low voltage one apparatus steam turbine raising 100atg(s) and temperature at 538 degrees C. Corresponding to the increment in a single opportunity output, the length of a wing of the last stage bucket was increased to 30 inches or more, and the steamy flow rate was made to increase.

[0087] The steam turbine concerning this invention is equipped with 13 or more steps of buckets implanted in the high low voltage one apparatus Rota shaft, and a steam flows steam pressure 100atg and temperature at 538 degrees C like the above-mentioned from a steamy inlet port through a steamy control valve. A steam flows from an inlet port to an one direction, serves as steam pressure 722mmHg and steam temperature of 33 degrees C, and is discharged from the steamy outlet of the last stage bucket back. As for the high low voltage one apparatus Rota shaft concerning this invention, nickel-Cr-Mo-V low alloy steel is used. The bucket thicket section of the Rota shaft has become dovetail-like, and cutting is carried out from the Rota shaft. The die length of the dovetail section becomes so long that a bucket is short, and reduces an oscillation.

[0088] C:0.18 to 0.30%, less than [Si:0.1%], less than [Mn0.3%], nickel:1.0-2.0%, Cr:1.0-1.7%, Mo:1.0-2.0%, and V:0.20 to 0.30%, the high low voltage one apparatus Rota shaft concerning this example consists of the remainder Fe, and tempering is carried out by water spray cooling at 650-680 degrees C after quenching by 900-1050 degrees C.

[0089] The configuration of a plant can also be used as the multishaft type which constructs two or more combination of one generator other than the one shaft type which set one shaft as the gas turbine, the steam turbine, and the generator, installs it, gather the exhaust gas of two or more more sets of gas turbines to one set of a steam turbine, and drives one another generator by one set of a steam turbine to one gas turbine.

[0090] The combined cycle power generation system is realized in the combination of the gas turbine which can start in a short time, and the steam turbine of small and simple structure, for this reason, it is easy and its output adjustment is the optimal as intermediate-load thermal power suitable for change of need.

[0091] Since the dependability of a gas turbine is improving by leaps and bounds by development of the latest technique and the combined cycle power generation plant constitutes the system from combination of a small capacity machine, even if failure should occur, the effect can be stopped locally.

[0092]

[Effect of the Invention] According to this invention, it becomes possible to manufacture the large-sized nozzle which has the outstanding high temperature strength by the high yield. Therefore, remarkable effectiveness, such as improvement in the generation efficiency by lifting of the temperature of combustion or improvement in dependability of the plant by the reinforcement of a nozzle, is demonstrated.

[Translation done.]

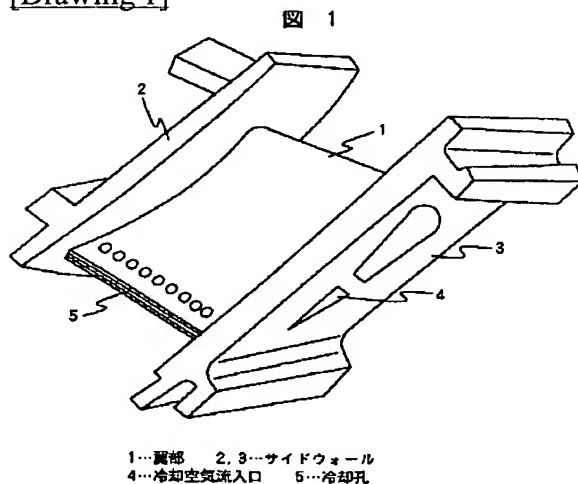
* NOTICES *

JPO and NCIPi are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

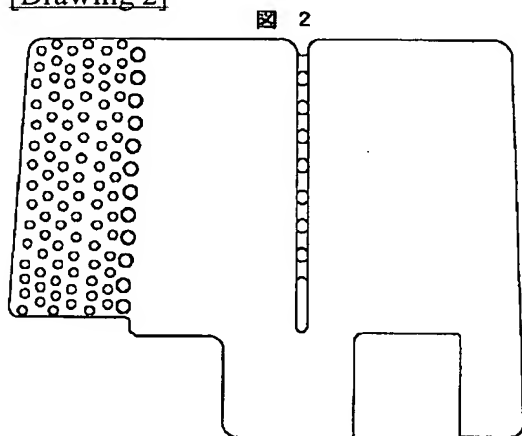
1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. **** shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

DRAWINGS

[Drawing 1]

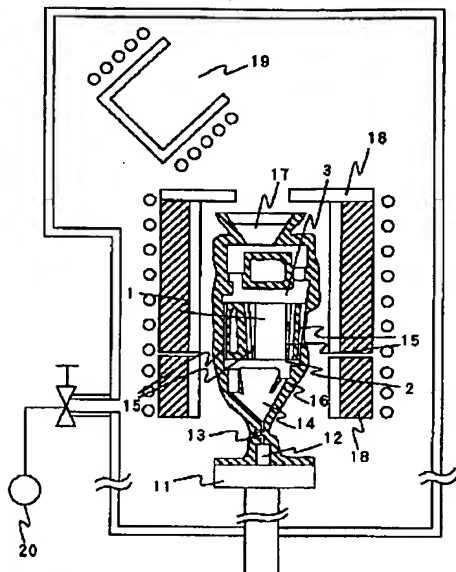


[Drawing 2]



[Drawing 3]

図 3

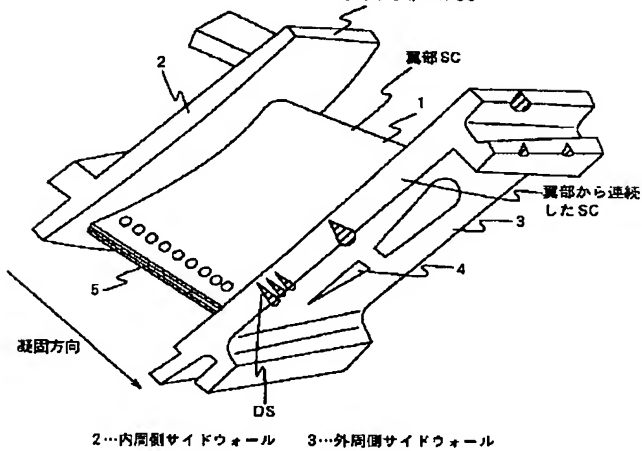


11…水冷銅チルプレート 12…スタータ 13…セレクト
 14…拡大部 15…凝固促進通路 16…セラミック铸型
 17…押湯部 18…铸型加熱炉 19…溶解炉 20…真空ポンプ

[Drawing 4]

図 4

チルプレート側
 サイドウォールSC

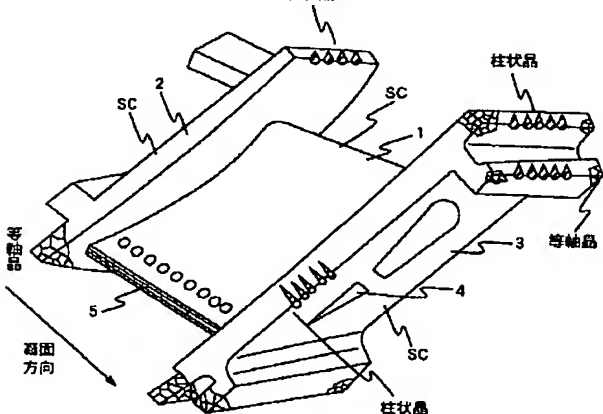


2…内周側サイドウォール 3…外周側サイドウォール

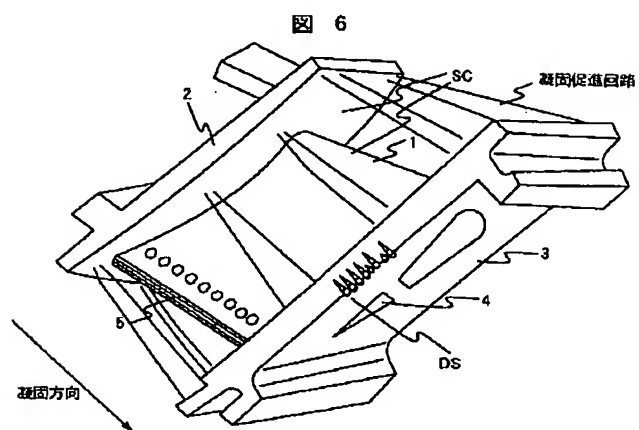
[Drawing 5]

図 5

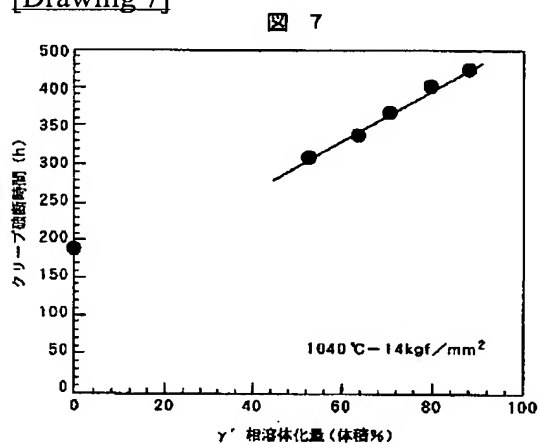
柱状晶



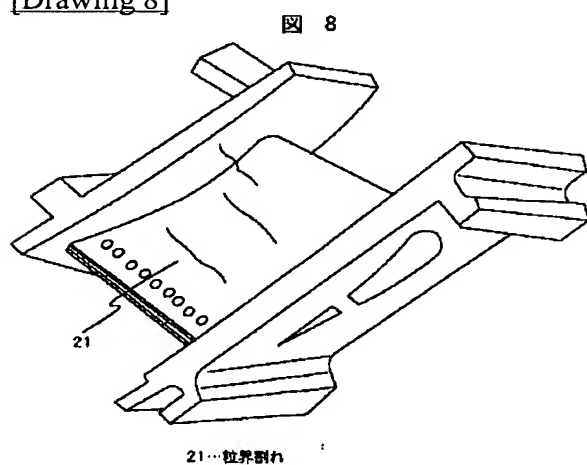
[Drawing 6]



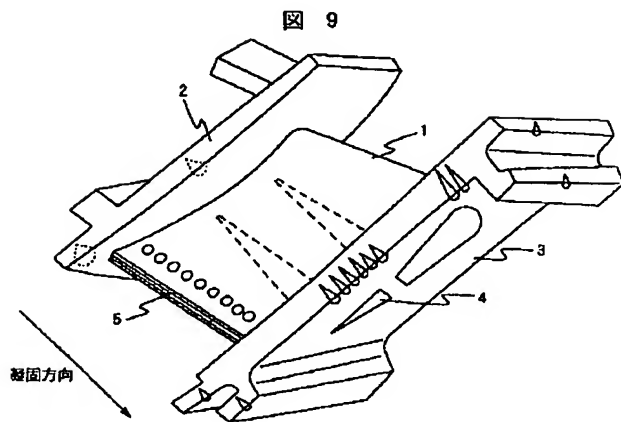
[Drawing 7]



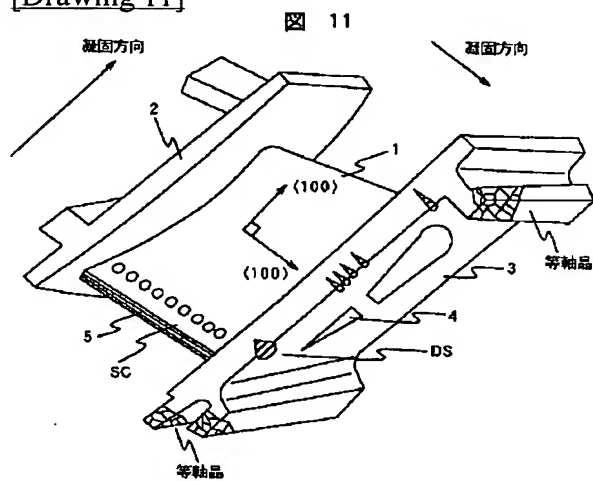
[Drawing 8]



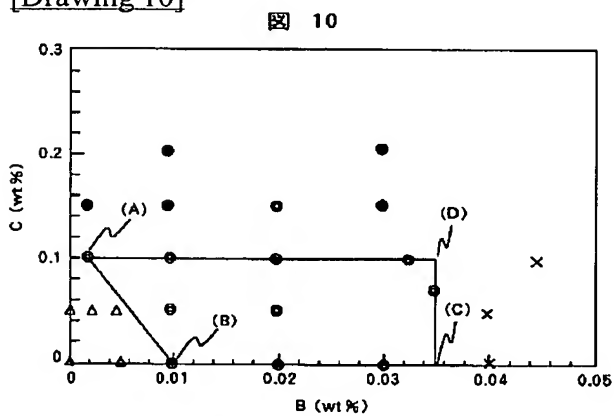
[Drawing 9]



[Drawing 11]



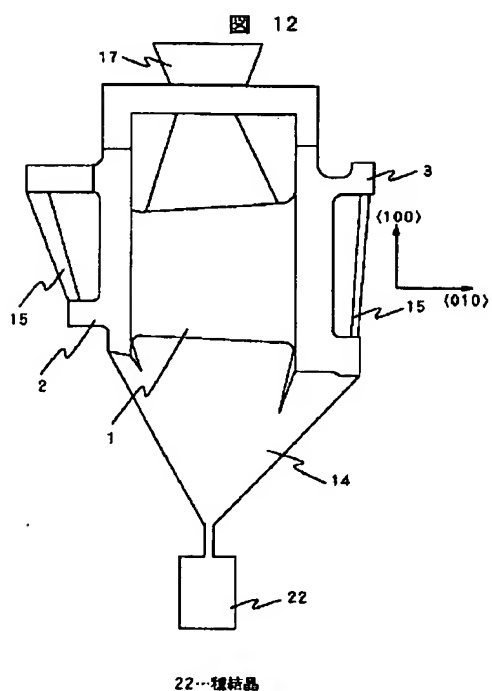
[Drawing 10]



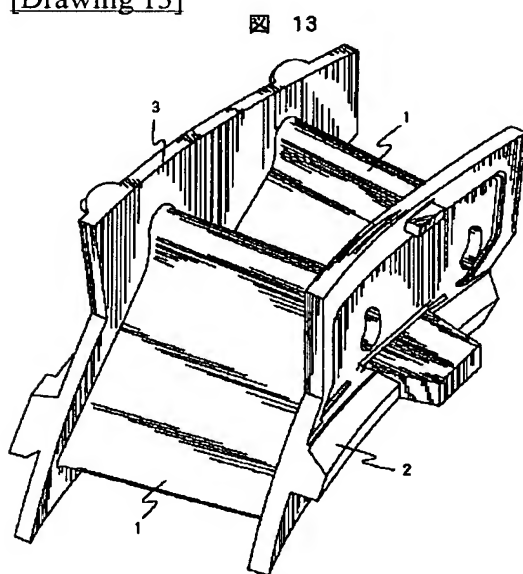
記号	粒界割れ	初期 溶融	1040-14kgf/mm ² クリープ破断時間
△	有り	無し	300h以上
×	無し	有り	300h以下
⊙	無し	無し	300h以上
●	無し	無し	300h以下

粒界割れの有無は隣接する結晶粒間の方位差が8~20°のサイドウォール部で判定

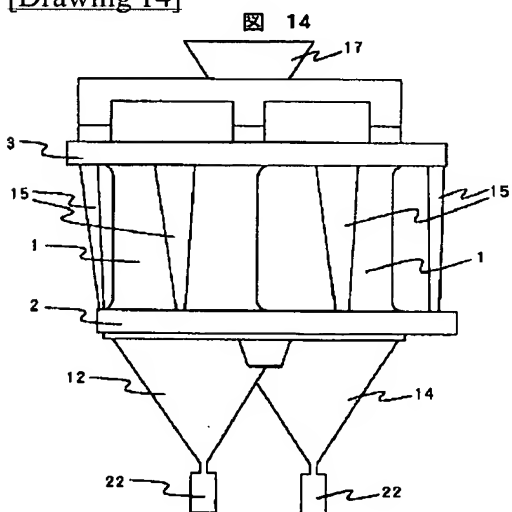
[Drawing 12]



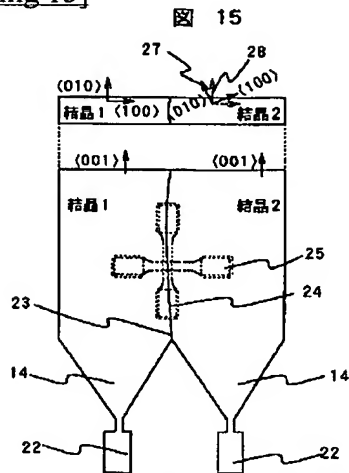
[Drawing 13]



[Drawing 14]

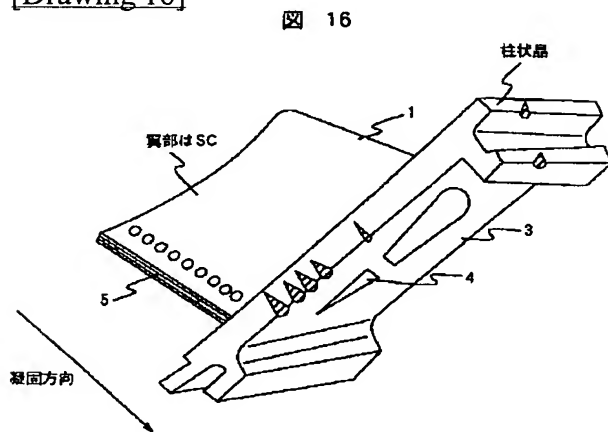


[Drawing 15]

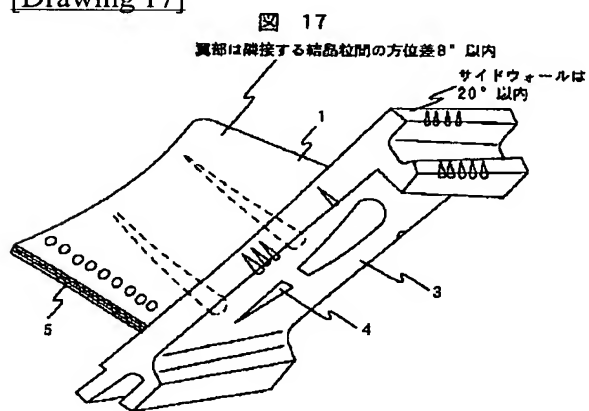


23…結晶粒界 24…平行方向試験片 25…垂直方向試験片
 26…結晶1の方位 27…結晶2の方位 28…結晶1と結晶2の方位差

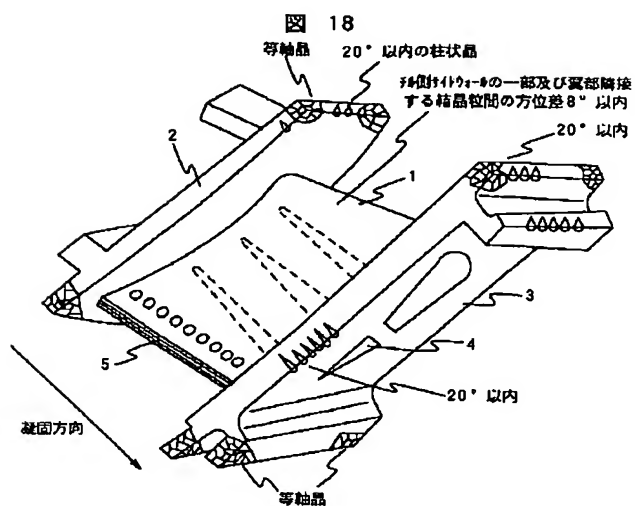
[Drawing 16]



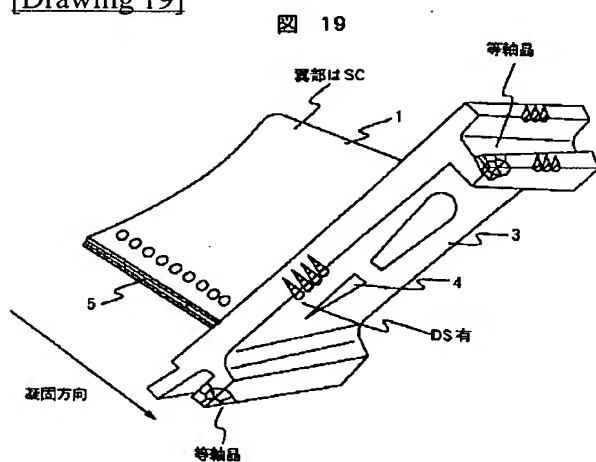
[Drawing 17]



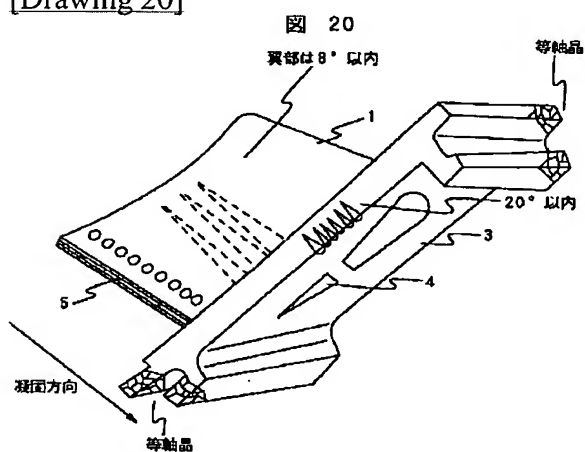
[Drawing 18]



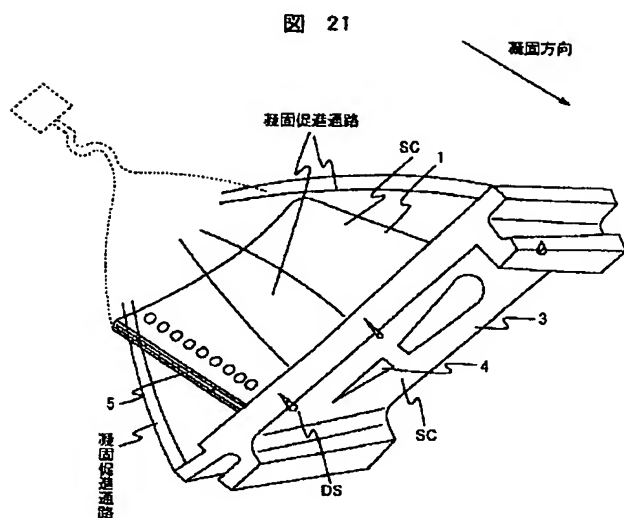
[Drawing 19]



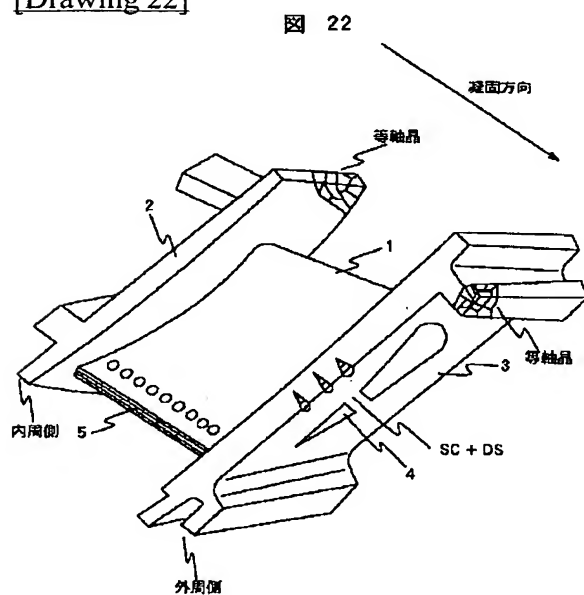
[Drawing 20]



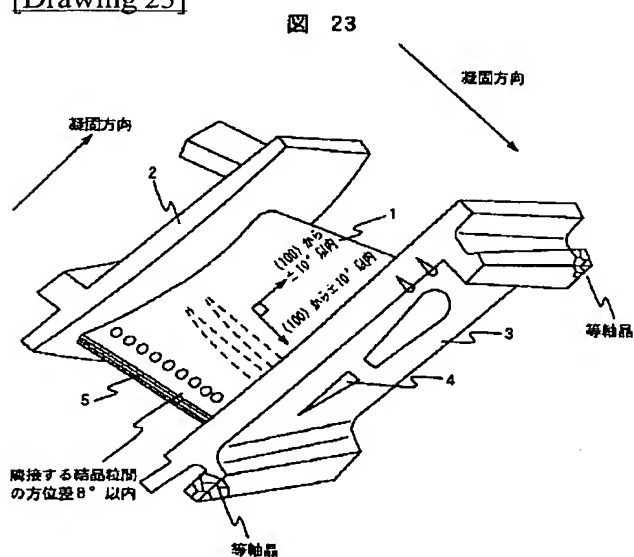
[Drawing 21]



[Drawing 22]

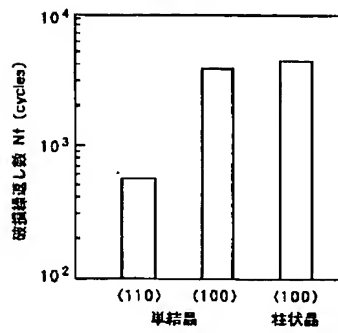


[Drawing 23]



[Drawing 25]

図 25



[Drawing 24]

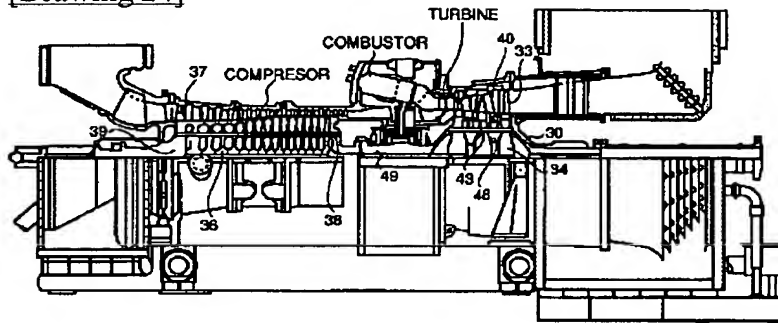
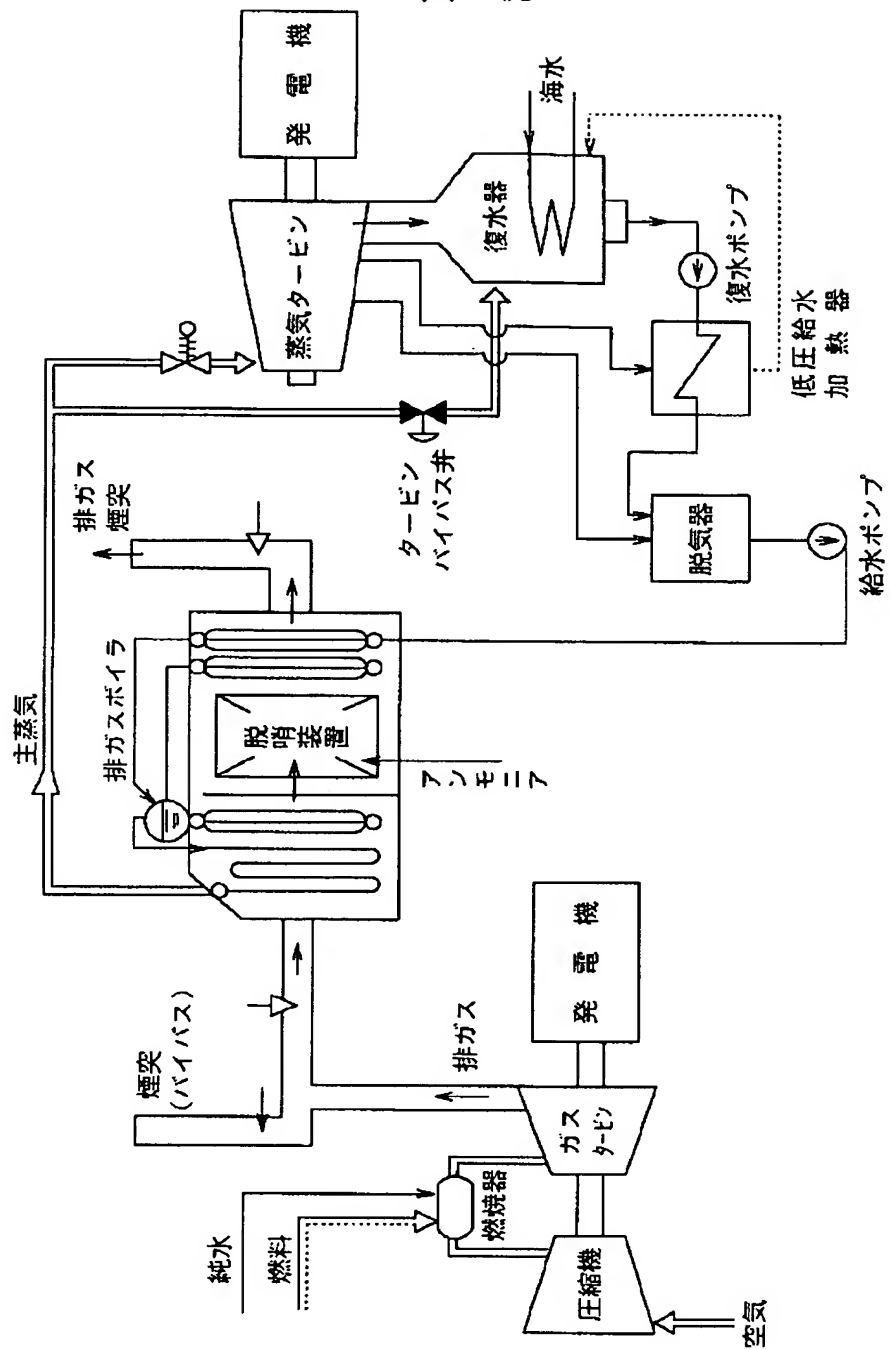


図 24

[Drawing 26]

図 26



[Translation done.]

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平9-170402

(43) 公開日 平成9年(1997)6月30日

(51) IntCl. ⁶	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
F 0 1 D 9/02	1 0 1		F 0 1 D 9/02	1 0 1
C 2 2 C 19/05			C 2 2 C 19/05	C
C 3 0 B 29/52			C 3 0 B 29/52	
F 0 1 D 25/00			F 0 1 D 25/00	L
F 0 2 C 7/00			F 0 2 C 7/00	C
審査請求 未請求 請求項の数29 O L (全 23 頁)				

(21) 出願番号 - 特願平7-331495

(22) 出願日 平成7年(1995)12月20日

(71) 出願人 000005108

株式会社日立製作所

東京都千代田区神田駿河台四丁目6番地

(72) 発明者 玉置 英樹

茨城県日立市大みか町七丁目1番1号 株

式会社日立製作所日立研究所内

(72) 発明者 吉成 明

茨城県日立市大みか町七丁目1番1号 株

式会社日立製作所日立研究所内

(72) 発明者 小林 満

茨城県日立市大みか町七丁目1番1号 株

式会社日立製作所日立研究所内

(74) 代理人 弁理士 小川 勝男

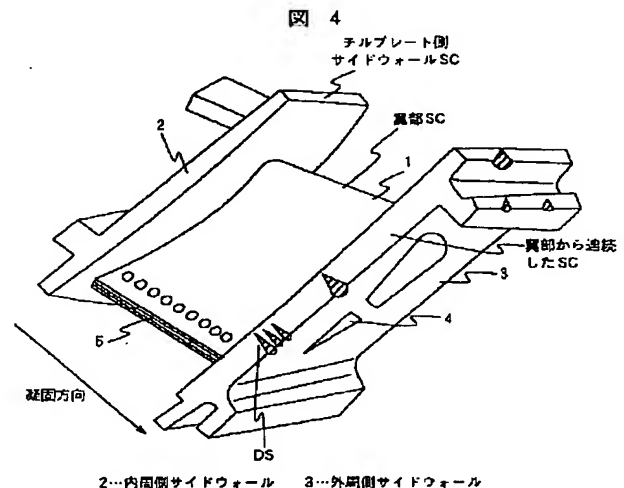
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 ガスタービン用ノズル及びその製造法とそれを用いたガスタービン

(57) 【要約】

【課題】 高温強度に優れ、かつ製造性に優れたガスタービン用ノズル及びその製造法とそれを用いたガスタービン及び複合発電システムを提供する。

【解決手段】 結晶粒界強化元素量を最適化したNi基超合金を用い、少なくとも翼部を単結晶とし、翼部以外には柱状晶或いは等軸晶の存在を許容できるガスタービン用ノズルとそれを用いたガスタービン。



【特許請求の範囲】

【請求項1】高温高压ガスにさらされる翼部と、該翼部の両端に連結部であるサイドウォールを有するガスタービン用ノズルにおいて、前記翼部及び前記サイドウォールの一端が単結晶であり、残部が前記単結晶から連続した部分に一方凝固した柱状晶又は等軸晶を有する一体の鋳物からなることを特徴とするガスタービン用ノズル。

【請求項2】高温高压ガスにさらされる翼部と、該翼部の両端に連結部であるサイドウォールを有するガスタービン用ノズルにおいて、前記翼部及び前記サイドウォールの一端が隣接する結晶粒間の方位差が8度以内の柱状晶であり、残りの部分が隣接する結晶粒間の方位差が20度以内の柱状晶からなることを特徴とするガスタービン用ノズル。

【請求項3】高温高压ガスにさらされる翼部と、該翼部の一端に連結部であるサイドウォールを有するガスタービン用ノズルにおいて、前記翼部が単結晶であり、残部が前記単結晶から連続した一方凝固した柱状晶を有する一体の鋳物からなることを特徴とするガスタービン用ノズル。

【請求項4】高温高压ガスにさらされる翼部と、該翼部の一端に連結部であるサイドウォールを有するガスタービン用ノズルにおいて、前記翼部が隣接する結晶粒間の方位差が8度以内の柱状晶であり、残りの部分が隣接する結晶粒間の方位差が20度以内の柱状晶からなることを特徴とするガスタービン用ノズル。

【請求項5】高温高压ガスにさらされる翼部と、該翼部の両端に連結部であるサイドウォールを有するガスタービン用ノズルにおいて、前記サイドウォールの一端の中央部が単結晶で、両端部が柱状晶及び等軸晶の少なくとも一方であり、前記翼部が前記サイドウォールの単結晶部から連続した単結晶であり、他端のサイドウォールが前記翼部から連続した一方凝固した柱状晶及び等軸晶の少なくとも一方を有する一体の鋳物からなることを特徴とするガスタービン用ノズル。

【請求項6】高温高压ガスにさらされる翼部と、該翼部の両端に連結部であるサイドウォールを有するガスタービン用ノズルにおいて、前記サイドウォールの一端中央部が隣接する結晶粒間の方位差が8度以内の柱状晶で、両端部角部が等軸晶であり、前記翼部は該サイドウォールの隣接する結晶粒間の方位差が8度以内の柱状晶から連続して一方凝固した隣接する結晶粒間の方位差が8度以内の柱状晶からなり、他端のサイドウォールの中央部が前記翼部から連続して一方凝固した隣接する結晶粒間の方位差が20度以内の柱状晶でその両端部角部が等軸晶からなることを特徴とする一体の鋳物で構成されたガスタービン用ノズル。

【請求項7】高温高压ガスにさらされる翼部と、該翼部の一端に連結部であるサイドウォールを有するガスター

ビン用ノズルにおいて、前記翼部が単結晶であり、前記サイドウォールの中央部が前記単結晶部から連続した単結晶から連続して一方凝固した柱状晶で、角部が等軸晶である一体の鋳物からなることを特徴とするガスタービン用ノズル。

【請求項8】高温高压ガスにさらされる翼部と、該翼部の一端に連結部であるサイドウォールを有するガスタービン用ノズルにおいて、前記翼部は隣接する結晶粒間の方位差が8度以内の柱状晶からなり、前記サイドウォールの中央部が前記翼部から連続して一方凝固した隣接する結晶粒間の方位差が20度以内で柱状晶で、角部が等軸晶からなる一体の鋳物で構成されていることを特徴とするガスタービン用ノズル。

【請求項9】高温高压ガスにさらされる翼部と、該翼部の両端に連結部であるサイドウォールを有し、チルプレート側のサイドウォールの一部又は全部及び前記翼部が単結晶であり、最終凝固部側のサイドウォールの一部又は全部が前記単結晶部から連続して一方凝固した柱状晶を有する一体の鋳物からなるガスタービン用ノズルの製造法であって、前記単結晶部の少なくとも1か所と前記最終凝固部側のサイドウォールの間に凝固促進通路を有し、該最終凝固部側のサイドウォールの一部又は全部を単結晶或いは該単結晶から連続して一方凝固した柱状晶とすることを特徴とするガスタービン用ノズルの製造法。

【請求項10】高温高压ガスにさらされる翼部と、該翼部の一端に連結部であるサイドウォールを有し、前記翼部が単結晶であり、サイドウォールの一部又は全部が該単結晶部から連続して一方凝固した柱状晶である一体の鋳物からなるガスタービン用ノズルの製造法であって、前記単結晶部の少なくとも1か所と前記サイドウォールの間に凝固促進通路を有し、該サイドウォールの一部又は全部を単結晶又は該単結晶から連続して一方凝固した柱状晶とすることを特徴とするガスタービン用ノズルの製造法。

【請求項11】高温高压ガスにさらされる翼部と、該翼部の両端に連結部であるサイドウォールを有するガスタービン用ノズルにおいて、内周側のサイドウォールの一部又は全部が単結晶であり、前記翼部が該内周側のサイドウォールの単結晶部から連続した単結晶であり、外周側のサイドウォールの一部又は全部が該単結晶部から連続した単結晶或いは該単結晶から連続して一方凝固した柱状晶であり、前記内周側のサイドウォールから前記外周側のサイドウォール方向に一方凝固した一体の鋳物からなることを特徴とするガスタービン用ノズル。

【請求項12】高温高压ガスにさらされる翼部と、該翼部の両端に連結部であるサイドウォールを有するガスタービン用ノズルにおいて、種結晶を用いて一方凝固させることで少なくとも翼部のみを単結晶化し、該翼部において、互いに垂直に交わる3つの〈100〉方向の一

つをサイドウォール長手方向に対して垂直方向に、他の一つをサイドウォール長手方向に対して平行方向に成長させたことを特徴とするガスタービン用ノズル。

【請求項13】高温高圧ガスにさらされる翼部と、該翼部の両端に連結部であるサイドウォールを有するガスタービン用ノズルにおいて、種結晶を用いて一方向凝固させ、少なくとも翼部を隣接する結晶粒間の方位差が8度以内の柱状晶とし、該翼部において、互いに垂直に交わる3つの〈100〉方向の一つをサイドウォール長手方向に対して垂直方向から $\pm 10^\circ$ 以内、他の一つをサイドウォール長手方向に対して平行方向から $\pm 10^\circ$ 以内に成長させたことを特徴とするガスタービン用ノズル。

【請求項14】高温高圧ガスにさらされる翼部と、該翼部の両端に連結部であるサイドウォールを有するガスタービン用ノズルの製造法において、2個以上の種結晶を用いて一方向凝固させることを特徴とするガスタービン用ノズルの製造法。

【請求項15】請求項14に記載のガスタービン用ノズルの製造法において、少なくとも翼部を隣接する結晶粒間の方位差が8度以内の柱状晶とすることを特徴とするガスタービン用ノズルの製造法。

【請求項16】請求項15に記載のガスタービン用ノズルの製造法において、該翼部において、互いに垂直に交わる3つの〈100〉方向の一つをサイドウォール長手方向に対して垂直方向から $\pm 10^\circ$ 以内、他の一つをサイドウォール長手方向に対して平行方向から $\pm 10^\circ$ 以内に成長させることを特徴とするガスタービン用ノズルの製造法。

【請求項17】請求項12～16に記載のガスタービン用ノズルの製造法において、翼部のガス入り口側からガス出口側方向または翼部のガス出口側からガス入り口側方向に一方向凝固させることを特徴とするガスタービン用ノズルの製造法。

【請求項18】一体の鋳物中に翼部を複数有するガスタービン用ノズルにおいて、少なくとも翼部は単結晶であり、残部には柱状晶或いは等軸晶のいずれか一つ又は両方を含むことを特徴とするガスタービン用ノズル。

【請求項19】一体の鋳物中に翼部を複数有するガスタービン用ノズルの製造法において、種結晶を2個以上用いて一方向凝固させ、少なくとも翼部を単結晶とすることを特徴とするガスタービン用ノズルの製造法。

【請求項20】請求項1～8、11～13のいずれかに記載のガスタービン用ノズルにおいて、前記翼部表面に、Cr、Al、Yを含むCo、Ni或いはCo+Niを主成分とする合金層をコーティングしたガスタービン用ノズル。

【請求項21】請求項1～8、11～13、20のいずれかに記載のガスタービン用ノズルにおいて、前記翼部及びその周辺の最外表面に、セラミックス層からなる遮熱コーティングを有するガスタービン用ノズル。

【請求項22】請求項1～8、11～13、20、21に記載のガスタービン用ノズルであって、前記ガスタービン用ノズルは、重量%で、Cr2～25%、Al1～7%、W2～15%、Ti0.5～5%、Nb0～3%、Mo0～6%、Ta1～12%、Re0～4%、Co7.5～25%、Fe0.5%以下、C0.20%以下、B0.002～0.035%、Hf0～2.0%、Zr0.02%以下、及び40%以上のNiを含むNi基合金の鋳物からなることを特徴とするガスタービン用ノズル。

【請求項23】請求項1～11、20、21に記載のガスタービン用ノズルであって、前記ガスタービン用ノズルは、重量%で、Cr2～16%、Al4～7%、W2～15%、Ti0.5～5%、Nb0～3%、Mo0～6%、Ta2～12%、Re0～4%、Co7.5～10.5%、C0.20%以下、B0.002～0.035%、Hf0.1～1.1%、Zr0.02%以下、及び40%以上のNiを含むNi基合金からなり、前記C量とB量とがA(C0.10%、B0.002%)、B(C0%、B0.01%)、C(C0%、B0.035%)、D(C0.1%、B0.035%)の範囲にある鋳物からなることを特徴とするガスタービン用ノズル。

【請求項24】高温高圧ガスにさらされる翼部と、該翼部の両端に連結部であるサイドウォールを有し、前記サイドウォールの一端の一部又は全部が単結晶であり、前記翼部が該サイドウォールの一端の単結晶部から連続した単結晶であり、該翼部及び該サイドウォールの一端を除いた部分の一部又は全部が該単結晶部から連続した単結晶又は該単結晶から連続して一方向凝固した柱状晶である一体の鋳物からなるガスタービン用ノズルであって、前記鋳物が重量%で、Cr6.0～9.0%、Al5～6%、W7～10%、Ti0.5～1%、Mo0.3～0.7%、Ta2.5～5.0%、Re0～3.2%、Co8～10.5%、C0.03～0.1%、B0.002～0.035%、Hf0.5～1.8%、Zr0.02%以下、及び40%以上のNiを含むNi基合金からなることを特徴とするガスタービン用ノズル。

【請求項25】高温高圧ガスにさらされる翼部と、該翼部の両端に連結部であるサイドウォールを有し、前記サイドウォールの一端の一部又は全部が単結晶であり、前記翼部が該サイドウォールの一端の単結晶部から連続した単結晶であり、該翼部及び該サイドウォールの一端を除いた部分の一部又は全部が該単結晶部から連続した単結晶又は該単結晶から連続して一方向凝固した柱状晶である一体の鋳物からなるガスタービン用ノズルにおいて、前記ガスタービン用ノズルは、重量%で、Cr2～16%、Al4～7%、W2～15%、Ti0.5～5%、Nb0～3%、Mo0～6%、Ta2～12%、Re0～4%、Co7.5～10.5%、C0.20%以下、B0.002～0.035%、Hf0.1～1.1%、Zr

0.02%以下、及び40%以上のNiを含むNi基合金からなり、前記C量とB量とがA(C0.10%, B0.002%), B(C0%, B0.01%), C(C0%, B0.035%), D(C0.1%, B0.035%)の範囲にある鋳物からなることを特徴とするガスタービン用ノズル。

【請求項26】コンプレッサで圧縮した空気を燃焼器で燃焼させ、該燃焼ガスでタービンディスクを回転させることで発電機を駆動するガスタービンにおいて、前記ガスタービンは3段以上のタービンを有し、前記タービンの初段動翼は、高温高圧ガスにさらされる翼部と、該翼部に連なり高温高圧ガスを遮断するための張出し部であるブラットフォームと、該ブラットフォームに連なり該翼部とディスクの間に充分な温度勾配を得るための距離を有するシャンク部と、該シャンク部に設けられた高温高圧ガスを遮断するための突起であるシルフィンと、該シャンク部に連なるディスクへの埋込部であるダブティールとを有し、前記翼部が単結晶であり、該翼部及び前記シルフィンを除いた部分の一部が該翼部から連続した単結晶、残部が該単結晶から連続して一方向凝固した柱状晶である一体の鋳物からなり、さらに、前記タービンの初段ノズルは、高温高圧ガスにさらされる翼部と、該翼部の両端に連結部であるサイドウォールを有し、前記サイドウォールの一端の一部又は全部が単結晶であり、前記翼部が該サイドウォールの一端の単結晶部から連続した単結晶であり、該翼部及び該サイドウォールの一端を除いた部分の一部又は全部が該単結晶部から連続した単結晶又は該単結晶から連続して一方向凝固した柱状晶である一体の鋳物からなることを特徴とするガスタービン。

【請求項27】コンプレッサで圧縮した空気を燃焼器で燃焼させ、該燃焼ガスでタービンディスクを回転させることで発電機を駆動するガスタービンにおいて、前記ガスタービンは3段以上のタービンを有し、前記燃焼ガス温度は燃焼器で1500以上、初段タービンの入口で1300℃以上であり、前記タービンの初段ノズルは、翼部の幅が70mm以上で、高温高圧ガスにさらされる翼部と、該翼部の両端に連結部であるサイドウォールを有し、前記サイドウォールの一端の一部又は全部が単結晶であり、前記翼部が該サイドウォールの一端の単結晶部から連続した単結晶であり、該翼部及び該サイドウォールの一端を除いた部分の一部又は全部が該単結晶部から連続した単結晶又は該単結晶から連続して一方向凝固した柱状晶である一体の鋳物からなり、発電容量が2.5万KW以上であることを特徴とするガスタービン。

【請求項28】コンプレッサで圧縮した空気を燃焼器で燃焼させ、該燃焼ガスでタービンディスクを回転させることで発電機を駆動するガスタービンにおいて、前記ガスタービンは3段以上のタービンを有し、前記燃焼ガス温度は燃焼器で1500℃以上、初段タービンの入口で

1300℃以上であり、前記タービンの初段ノズルは、翼部の幅が70mm以上で、高温高圧ガスにさらされる翼部と、該翼部の両端に連結部であるサイドウォールを有し、前記サイドウォールの一端の一部又は全部が単結晶であり、前記翼部が該サイドウォールの一端の単結晶部から連続した単結晶であり、該翼部及び該サイドウォールの一端を除いた部分の一部又は全部が該単結晶部から連続した単結晶又は該単結晶から連続して一方向凝固した柱状晶である一体の鋳物からなり、前記鋳物は重量%で、Cr6.0~9.0%, Al5~6%, W7~10%, Ti0.5~1%, Mo0.3~0.7%, Ta2.5~5.0%, Re0~3.2%, Co8~10.5%, C0.03~0.1%, B0.002~0.035%, Hf0.5~1.8%, Zr0.02%以下、及び65%以上のNiを含むNi基合金からなり、発電容量が2.5万KW以上であることを特徴とするガスタービン。

【請求項29】高温高圧の燃焼ガスで駆動されるガスタービンと、該ガスタービンの燃焼排ガスによって高圧の水蒸気を発生させる排熱回収ボイラと、前記高圧水蒸気で駆動される蒸気タービンと、前記ガスタービン及び蒸気タービンにより駆動される発電機とを備えた複合発電プラントにおいて、前記ガスタービンは3段以上のタービンを有し、前記燃焼ガス温度は燃焼器で1500℃以上、初段タービンの入口で1300℃以上、最終タービンの出口で560℃以上であり、前記排熱回収ボイラで得られる水蒸気の温度は530℃以上であり、前記蒸気タービンは高低圧一体型で、前記ガスタービンの発電容量が5万KW以上及び蒸気タービンの発電容量が3万KW以上で、プラント全体の総合発電効率が45%以上で、前記ガスタービンの初段タービンノズルは、翼の幅が100mm以上で、高温高圧ガスにさらされる翼部と、該翼部の両端に連結部であるサイドウォールを有し、冷却媒体に空気以外の媒体を用いるためのクローズド冷却方式で冷却され、前記サイドウォールの一端の一部又は全部が単結晶であり、前記翼部が該サイドウォールの一端の単結晶部から連続した単結晶であり、該翼部及び該サイドウォールの一端を除いた部分の一部又は全部が該単結晶部から連続した単結晶又は該単結晶から連続して一方向凝固した柱状晶である一体の鋳物からなり、前記鋳物は、重量%で、Cr6.0~9.0%, Al5~6%, W7~10%, Ti0.5~1%, Mo0.3~0.7%, Ta2.5~5.0%, Re0~3.2%, Co8~10.5%, C0.03~0.1%, B0.002~0.035%, Hf0.5~1.8%, Zr0.02%以下、及び65%以上のNiを含むNi基合金からなることを特徴とする複合発電プラント。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、高温でのクリープ強度及び耐熱疲労性に優れた新規なガスタービン用ノズ

ルに関し、さらに本ノズルを用いた高効率ガスタービン及びコンバインドサイクル発電システムに関する。

【0002】

【従来の技術】発電用ガスタービンのノズルには、Ni基又はCo基超合金の普通鋳造品が広く用いられており、最近では、発電効率の向上を目的とした燃焼ガス温度の上昇に伴って、内部に冷却孔を設けたノズルが主流となっている。しかし、燃焼ガス温度の上昇に対応して、内部冷却を強化するために冷却に用いる圧縮空気の量をさらに増やすことは、かえって発電効率の低下につ

10

ながる場合があること、また、翼の表面と内部の間の温度差が大きくなると熱応力が増大することから、現状以上の燃焼ガス温度の上昇には内部冷却の強化だけでは対応できない。そこで、上記のNi基又はCo基超合金の普通鋳造品より耐熱強度に優れた材料が必要とされている。

20

【0003】

なお、上記のノズル用Ni基普通鋳造用合金としては米国特許第4,039,330号公報或いは米国特許第4,810,467号公報に示される合金、ノズル用Co基普通鋳造用合金としては米国特許第3,383,205号公報或いは特開平3-215644号公報に示される合金等が挙げられる。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】従来のノズル用のNi基又はCo基超合金の普通鋳造品よりも耐熱強度の優れた材料として、航空機用ガスタービンの動翼又はノズルで使用されているNi基超合金の柱状晶材及び単結晶材がある。

30

【0005】Ni基超合金の柱状晶材は、主に、米国特許第3,260,505号公報に示されている一方向凝固法で製造されている。この方法は、加熱した炉の中から鋳型を下方に引出し、下端から漸次凝固させる方法である。この方法により、主応力方向と結晶粒界の方向を平行にすることで、クリープ強度の改善が可能である。

【0006】この柱状晶材は、特開昭56-108852号公報、特開平2-153037号公報及び特開平3-97822号公報等に示される合金で鋳造される。しかし、これらの従来の柱状晶用の合金は、結晶粒界の強化のため、B、C、Zr、Hf等の結晶粒界強化元素を多量に含んでいる。これらの結晶粒界強化元素は結晶粒界の強度を向上させるが、一部はデンドライトアーム間に偏析し、偏析部の融点を著しく低下させる。そのため、従来の柱状晶用合金は溶体化熱処理温度を高くすることができず、溶体化が不十分であったため、耐熱強度を大幅に向上させることができなかった。さらに、ガスタービン用ノズルの冷却孔は、セラミック中子を用いて形成されるが、熔融金属は中子を鑄ぐるんだ状態で凝固し、その後室温まで冷却される。中子と合金の熱膨張係数を比較すると、中子は金属より約一桁小さい値を示すため、合金は、ほとんど収縮しない中子を囲んで収縮することになり、冷却過

40

50

程で大きな引張応力が発生し、強度の弱い結晶粒界に沿った凝固割れが発生しやすくなる。この凝固割れは、冷却効果を高めるため薄肉となる翼部で著しく、航空機用と比べて大型となる発電用ガスタービンのノズルではより凝固割れが発生し易く、歩留まりが悪くなる。

【0007】一方、耐熱強度を大幅に向上させた材料として、米国特許第3,494,709号公報に示される方法で製造されるNi基超合金の単結晶材があり、航空機用ガスタービンの動翼及びノズルに適用されている。これに用いられる合金としては特開昭58-63212号公報、特公平2-45694号公報及び特公平3-75619号公報等に示される合金があるが、これらはいずれも結晶粒界強化元素を不純物元素として取り扱い、含有量を極力少なくしているため偏析部の融点が上昇し、完全溶体化熱処理を可能にしている。そのため、この単結晶用合金は、柱状晶用合金より、40～50℃高い耐熱強度を有している。しかし、単結晶用合金は、結晶粒界強化元素を極力少なくしているため、結晶粒界が非常に弱く、結晶方位の異なる異結晶があると、その結晶粒界で容易に割れが入る。通常は、結晶粒界があると鋳造後の冷却のみで割れが入る程度の弱さになる。そのため単結晶用合金を用いて鋳造したノズルは異結晶のない完全な単結晶にする必要がある。しかし、発電用のガスタービンは航空機用と比べて大型であり、特に形状の複雑なノズルを完全な単結晶にするのは非常に困難である。

【0008】以上述べたとおり、従来の柱状晶ノズルでは、冷却効果を高めるために翼部を薄肉化すると凝固割れが発生しやすくなり、また凝固割れを防止するために粒界強化元素を多量に添加すると強度向上がはかれないという欠点があり、ガスタービンの効率向上を図ることができなかった。

【0009】また、高温強度に優れた単結晶ノズルは、大型複雑形状品では異結晶が発生しやすいため歩留まりが悪く、発電用ガスタービンのノズルとしては適用できないため、ガスタービンの効率向上を図ることはできなかった。

【0010】本発明の目的は、鋳造性に優れ、しかも耐熱強度に優れたガスタービン用ノズル及びその製造法とそれを用いたガスタービンを提供することにある。

【0011】

【課題を解決するための手段】本発明は、高温での溶体化熱処理が可能で、かつガスタービンノズルとして十分な結晶粒界強度を有する材料組成及びガスタービンノズルの結晶性について検討した結果得られたものである。本発明は、高温高圧ガスにさらされる翼部と、該翼部の両端に連結部であるサイドウォールを有するガスタービン用ノズルにおいて、前記翼部及び前記サイドウォール的一端が単結晶であり、該翼部及び該サイドウォール的一端を除いた部分の一部が該単結晶部から連続した単結晶、残部が該単結晶から連続して一方向凝固した柱状晶

である一体の鋳物からなるガスタービン用ノズルにおいて、従来になく高温強度と製造性を兼ね備えたガスタービンノズルが得られることが明らかになった。特に本発明は、各結晶粒間の方位差を翼部及びサイドウォールの一部では隣接する結晶粒間の方位差が8度以内、残りの部分では20度まで許容することができる。

【0012】また、連結部であるサイドウォールは、通常は初段タービンでは翼部の両側にあるが、第二段以降では片側のみとなる場合がある。この場合は、ノズルを、前記翼部が単結晶であり、残部が該単結晶から連続して一方向凝固した柱状晶である一体の鋳物とすることで、従来になく高温強度と製造性を兼ね備えたガスタービンノズルが得られる。

【0013】ガスタービンノズルで最も優れた高温強度が要求されるのは翼部である。また、サイドウォールのような突起部は単結晶化が難しい。そこでサイドウォールの一端の一部又は全部が単結晶であり、翼部が該サイドウォールの一端の単結晶部から連続した単結晶であり、該翼部及び該サイドウォールの一端を除いた部分の一部が該単結晶部から連続した単結晶或いは該単結晶から連続して一方向凝固した柱状晶である一体の鋳物からなるガスタービン用ノズルが高温強度及び製造性の点で好ましい。また、サイドウォールの一端の一部又は全部は、隣接する結晶粒間の方位差が8度以内の柱状晶であり、翼部は該サイドウォールの隣接する結晶粒間の方位差が8度以内の柱状晶から連続して一方向凝固した隣接する結晶粒間の方位差が8度以内の柱状晶からなり、該翼部及び該サイドウォールの一端を除いた部分の一部が該柱状晶部から連続して一方向凝固した隣接する結晶粒間の方位差が20度以内の柱状晶からなる一体の鋳物で構成されたガスタービン用ノズルも同様である。

【0014】つまり、翼部は高温強度の点及び薄肉部の粒界割れ防止の点から隣接する結晶粒間の方位差が8度以内の柱状晶或いは更に望ましくは完全な単結晶である必要があるが、翼部はどの強度が要求されず、さらに厚肉となるその他の部分は隣接する結晶粒間の方位差が20度以内の柱状晶でも構わない。さらに、部分によっては等軸晶とすることも可能である。

【0015】両端にサイドウォールを有するガスタービンノズルをその一端のサイドウォール側からもう一方のサイドウォールの方向に凝固させる場合、チルプレート側のサイドウォールの一部又は全部及び翼部を単結晶とした後、さらに張出し部となる最終凝固部側のサイドウォールの一部又は全部を該単結晶部から連続した単結晶とするためには、前記単結晶部の少なくとも1か所と前記最終凝固部側のサイドウォールの間に凝固促進通路を設けることが効果的である。この凝固促進通路は最終凝固部側のサイドウォールを単結晶化しない場合でも、ひけ巣等の鑄造欠陥の防止に有効である。サイドウォールを翼部の一端にのみ設けたガスタービンノズルにおいて

は、凝固促進通路は翼部或いはセレクトと翼部の間の単結晶拡大部とサイドウォールの間に設けられる。

【0016】ガスタービン用ノズルにおいては耐熱疲労性が重要である。これは、両端をサイドウォールで拘束された形状のガスタービン用ノズルでは、運転中に翼部のサイドウォールと垂直方向に圧縮応力が働き、運転停止時に逆に引っ張り応力が作用するためである。これを解決するためには、少なくとも翼部のみを単結晶化し、該翼部において、互いに垂直に交わる3つの〈100〉方向の一つをサイドウォール長手方向に対して垂直方向に、他の一つをサイドウォール長手方向に対して平行方向に成長させたガスタービン用ノズルが有効である。これはNi基超合金は〈100〉方向のヤング率が最も小さいため、最も大きな熱ひずみが発生する方向を〈100〉方向としておけば、その方向の熱応力を小さくできるためである。通常この結晶方位の制御には、予め結晶方位を制御した単結晶から成る種結晶をスタータに用いる。

【0017】通常、複数の種結晶を用いて単結晶を鑄造した場合、それぞれの種から成長した結晶の界面は粒界となり強度が低下する。しかし、本発明のガスタービン用ノズルは、隣接する結晶粒間の方位差を翼部では8°まで、その他の部分では20°まで許容できるため複数の種結晶から一体の鋳物を製造することが可能である。そこで、翼部から大きく張出した二つのサイドウォールを単結晶化するために、凝固方向を翼部のガス入り口側からガス出口側方向または翼部のガス出口側からガス入り口側方向とし、二つのサイドウォールをそれぞれ別の種結晶を用いて一方向凝固させることで、翼部を含むできるだけ多くの部分を単結晶化することが可能となる。また、一体の鋳物中の翼部を複数有するガスタービン用ノズルにおいても、種結晶を2個以上用いることで複数の翼を単結晶化することが可能となる。

【0018】本発明のガスタービン用ノズルでは翼部表面に、耐食性に優れたCr, Al, Yを含有しCoまたはNiの一方又は両方を残部とする合金層をコーティングすることがある。さらに、本発明のガスタービン用ノズルにおいて、翼部及びその周辺の最外表面に、セラミックス層からなる遮熱コーティングを施すことがある。

【0019】本発明のガスタービン用ノズルは、溶体化処理による高温強度の向上が可能で、かつ翼部以外の一部又は全部に結晶粒界の存在を許容できる。このことは、重量%で、Cr 2~25%, Al 4~7%, W 2~15%, Ti 0.5~5%, Nb 0~3%, Mo 0~6%, Ta 1~12%, Re 0~4%, Co 7.5~25%, Fe 0.5%以下, C 0.20%以下, B 0.002~0.035%, Hf 0~2.0%, Zr 0.02%以下、及び40%以上好ましくは45~85%のNiを含むNi基合金である鋳物において可能である。

【0020】特に、初期溶融を実質的に生じること無

く、充分な溶体化処理を行うためには、粒界強化元素をC 0.02%以下、B 0.002~0.035%, Hf 0.1~1.1%及びZr 0~0.02%で、かつC量とB量とがA (C 0.10%, B 0.002%), B (C 0%, B 0.01%), C (C 0%, B 0.035%), D (C 0.1%, B 0.035%) の範囲にあることが好ましい。

【0021】 鋳造時の粒界割れの防止、クリープ強度、耐熱疲労性、耐食性及び耐酸化性の各特性にバランスのとれたガスタービン用ノズルには、特に、重量%で、C 10 6.0~9.0%, Al 5~6%, W 7~10%, Ti 0.5~1%, Mo 0.3~0.7%, Ta 2.5~5.0%, Re 0~3.2%, Co 8~10.5%, C 0.03~0.1%, B 0.002~0.035%, Hf 0.3~1.8%, Zr 0.02%以下、及び60%以上好ましくは65~70%のNiを含むNi基合金である組成が好適である。

【0022】 本発明のガスタービン用ノズルは、タービンを三段又は四段有するガスタービンのいずれのタービンにも用いることができるが、特に最もメタル温度が高くなり、かつ両端のサイドウォールで拘束されることで大きな熱応力負荷を受ける初段タービンのノズルに好適である。二段目以後には、全体を柱状晶又は等軸晶としたものが用いられることが多い。

【0023】 本発明のガスタービン用ノズルは、鋳造後合金の析出 γ' 相の固溶温度以上、初期熔融温度以下の範囲で2~60時間溶体化され、更に900~1150℃で4~20時間及び760~900℃で8~100時間熱処理を施すのが好適である。

【0024】 本発明のガスタービン用ノズルは、該ノズルを形成するための鋳型を水冷チルプレート上にセットする工程と、前記鋳型を真空の加熱炉内で所定の温度に加熱する工程と、鋳造原料を鋳型と同一の真空チャンバー内で溶解して前記の加熱された鋳型に溶湯を鋳込む工程と、該溶湯を含む鋳型を前記加熱炉から引き抜いて、少なくとも翼部のみを単結晶とし、前記翼部以外の部分の一部を該翼部と連続して一方向凝固した単結晶或いは該単結晶と連続して一方向凝固した柱状晶である一体の鋳物とする工程により鋳造される。

【0025】 上記の鋳型引き出し速度は、単結晶製造においては15 cm/h以下とすることが好ましく、翼部が単結晶化されたことが確認できれば、残部では引き出し速度を20~45 cm/hにすることができる。これらは、それぞれ製造が可能であれば早いほど良いが、歩留りの点から、単結晶製造については10 cm/h程度が好ましい。また、柱状晶となる残部については、50 cm/hを超えると柱状晶間の結晶方位の差が20°を超えさらに等軸晶となるので、45 cm/h以下が良く、また、隣接する柱状晶間の結晶方位差が20度以下の良好な柱状晶を得るためには、引き出し速度が遅すぎるのも好ましく

なく、好適には、30~45 cm/hである。

【0026】 本発明は、少なくとも翼部が単結晶であり、溶体化熱処理による高温強度の向上が可能で、かつ翼部以外の一部又は全部に結晶粒界の存在を許容できるガスタービン用ノズルであるが、結果としてノズル全体が単結晶となっても構わない。また、本発明のノズルは一体の鋳物からなっていることを特徴とする。つまり、鋳物全体は一つのマスターインゴットを再溶解し、チルプレート部から最終凝固部へかけて一方向に連続的に凝固したものからなり、不連続な凝固、つまり等軸晶の発生等はできるだけ抑制することが高温強度の点で好ましい。本発明では、凝固界面の形状を変化させることで、単結晶部から柱状晶を生成させる。凝固界面の形状は、鋳型引き出し速度、鋳型加熱温度、鋳物断面積及び鋳型断面積を変化させることで制御できる。この方法で得られる柱状晶は、隣接する柱状晶間の結晶方位差が20°以下の良好な柱状晶である。本発明では、単結晶部と方位差の少ない柱状晶が得られ、煩雑な接合の工程を含まないことに特徴がある。さらに、本発明の組成であれば、隣接する柱状晶間の結晶方位差を、通常の単結晶合金より大きくできるため、前記の三軸の方位差の制限を緩和でき、かつ溶体化熱処理を施すことで高強度のノズルを得ることが可能である。

【0027】 本発明の第二発明は、コンプレッサで圧縮した空気を燃焼器で燃焼させ、該燃焼ガスでタービンディスクを回転させることで発電機を駆動するガスタービンにおいて、前記ガスタービンは3段以上のタービンを有し、前記タービンの初段ノズルは、高温高圧ガスにさらされる翼部と、該翼部の両端に連結部であるサイドウォールを有し、前記サイドウォールの一端の一部又は全部が単結晶であり、前記翼部が該サイドウォールの一端の単結晶部から連続した単結晶であり、該翼部及び該サイドウォールの一端を除いた部分の一部又は全部が該単結晶部から連続した単結晶或いは該単結晶から連続して一方向凝固した柱状晶である一体の鋳物からなることを特徴とするガスタービンである。

【0028】 本発明は、特に燃焼ガス温度は燃焼器で1500℃以上、初段タービンの入口で1300℃以上であり、前記タービンの初段ノズルは、翼部の幅が70 mm以上となる高温大容量の発電用ガスタービンに好適である。これは、ガスタービンが大型になるほどノズル全体を単結晶化することが困難であり、かつ従来の柱状晶ノズルでは高温強度が不足するためガスタービンの高温化に対応できないためである。

【0029】 本発明の第四発明は、高温高圧の燃焼ガスで駆動されるガスタービンと、該ガスタービンの燃焼排ガスによって高圧の水蒸気を発生させる排熱回収ボイラと、前記高圧水蒸気で駆動される蒸気タービンと、前記ガスタービン及び蒸気タービンにより駆動される発電機とを備えたコンバインドサイクル発電プラントにおい

て、前記ガスタービンは3段以上のタービンを有し、前記燃焼ガス温度は燃焼器で1500℃以上、初段タービンの入口で1300℃以上、最終タービンの出口で560℃以上であり、前記排熱回収ボイラで得られる水蒸気の温度は530℃以上であり、前記蒸気タービンは高低圧一体型で、前記ガスタービンの発電容量が5万KW以上及び蒸気タービンの発電容量が3万KW以上で、プラント全体の総合発電効率が45%以上で、前記ガスタービンの初段タービンノズルは、翼の幅が100mm以上で、高温高圧ガスにさらされる翼部と、該翼部の両端に連結部であるサイドウォールを有し、前記サイドウォールの一端の一部又は全部が単結晶であり、前記翼部が該サイドウォールの一端の単結晶部から連続した単結晶であり、該翼部及び該サイドウォールの一端を除いた部分の一部又は全部が該単結晶部から連続した単結晶又は該単結晶から連続して一方向凝固した柱状晶である一体の鋳物からなり、前記鋳物は前述のものが用いられる。

【0030】ガスタービンのノズルはNi基超合金の融点以上の温度のガス中で使用される。そのため、ノズルは通常はコンプレッサの圧縮空気の一部をノズル内部に導入し、ノズルの表面温度が約1000℃以下になるように冷却される。この場合、空気はさらに翼表面に設けられた孔から外部に層状に流出し、表面を冷却する。さらに、空気より比熱の大きな媒体を用いてより高い冷却効率でノズルを冷却することが可能である。この場合、冷却媒体は閉じた冷却通路の中を循環して使用されるため、ノズルには冷却媒体の入口と出口以外に冷却孔は設けられない。この冷却方式はクローズド冷却方式と呼ばれ、冷却媒体として蒸気が用いられることが多い。このクローズド冷却方式では、冷却媒体が外部に漏洩することは著しい効率の低下につながる。従来のノズルでは、回転体でないこともあり、亀裂の存在を許容する設計が行われてきた。しかし、本発明のノズルでは、翼部を単結晶化し、さらに最も熱疲労の厳しくなる方向を、最も熱応力が小さくなる〈100〉方位に合わせていることから、耐熱疲労性に優れ、亀裂が発生しにくい。従って、本発明ノズルはクローズド冷却方式のガスタービンに好適なノズルと言える。

【0031】本発明に係るガスタービン用ノズルは、翼部を単結晶、翼部以外の一部を一方向凝固柱状晶とし、柱状晶部の隣接する結晶粒間の結晶方位の差をできるだけ小さくし、特にその差を20°以内とした。そのため、溶体化熱処理が可能ないように結晶粒強化元素の添加量を少なくしたにもかかわらず、柱状晶部に凝固時の縦割れが発生しない健全な柱状晶動翼を作製することが可能となる。

【0032】本発明においてさらに重要な点は、前記の制御された隣接する結晶粒間の結晶方位差を有するガスタービン用ノズルにおいて、最適な結晶粒強化元素の添加量を見出した点にある。この最適な添加量は、凝固

時の縦割れを防止し、かつ約5%以上の初期溶融を生じることなく約50体積%以上の析出 γ' 相を γ 相中に固溶させる溶体化熱処理を可能にするという、従来技術では合い矛盾する問題を同時に解決するものである。これらの結果、歩留まりが高くかつ高いクリープ強度を有するガスタービン用ノズルを得ることができる。ここで、結晶方位の差が20度を越えると、単結晶の強度の10～50%程度までにクリープ強度が低下するばかりでなく、凝固時に結晶粒間に縦割れが発生しやすくなり、歩留まりが著しく低下する。また、初期溶融量が約8体積%を超えると、約50体積%以上の析出 γ' 相を γ 相中に固溶させても、クリープ強度が向上せず、かつ耐熱疲労特性が著しく低下する。

【0033】また、前記の粒強化元素を含む合金で、ノズル全体を単結晶とすることも当然可能である。このノズルは、結晶粒強化元素を含まない単結晶専用合金で製造されたものと比べて高温でのクリープ強度は劣るが、高温になる翼部表面以外では隣接する結晶粒間の方位差を20°まで許容できるため、従来の単結晶翼で必要であったX線による結晶方位測定を大幅に簡略化できる。さらに、翼内部の結晶欠陥に対しては有効な検査手段が無く、通常は抜取り試験で翼を切断して検査している。しかし、翼が大型になる発電用ガスタービン用のノズルでは、抜取り試験では信頼性の確保が難しく、単結晶ノズルを発電用ガスタービンに適用する上での大きなネックになっていた。しかし、本発明では隣接する結晶粒間の方位差を翼部以外では20°まで許容できるため、ノズルの信頼性を大幅に向上でき、高強度ノズルの発電用ガスタービンへの適用が可能となった。

【0034】本発明において、前記結晶粒強化元素の最適添加量は以下に示すとおりに決定した。

【0035】Hfは凝固時の縦割れの防止に効果があると共に、結晶粒間の高温での延性を改善する。しかし、過剰な添加は凝固時に生成する共晶組織の量を著しく増大させ、有効な溶体化熱処理を不可能とするため、その最大添加量は2.0%以下に限定される。Hfの効果の一部はZr又はBで代用できるため、Hfを無添加とすることもできるが、好適には0.1～1.1%のHfの添加が必要である。

【0036】BとZrは凝固時の縦割れの防止及び結晶粒間の高温強度の向上に最も効果の高い元素であり、その効果は数十ppm程度から現出する。しかし、共にNiと低融点の共晶を生成し、かつNiに対する固溶限が著しく小さいため、その添加量は厳しく制限される。適正な添加量は、B:0.002～0.035%、Zr:0.02%以下である。

【0037】Cは炭化物を形成して結晶粒間の高温強度を向上させる。しかし、過剰に添加すると結晶粒内にも無用な炭化物を多量に生成し、高温強度をかえって低下させてしまう。そのため、添加量は0.20%以下に制

限され、好適には0.03～0.1%である。

【0038】B及びCの結晶粒界に対する効果の一部は共通であり、また、相乗の効果を必要とする。このことから、凝固時の縦割れの防止、有効な溶体化熱処理の可否及び高温強度の観点から、C量とB量の関係をA(C0.10%, B0.002%), B(C0%, B0.01%), C(C0%, B0.035%), D(C0.1%, B0.035%)を結ぶ範囲内にすることが好ましい。

【0039】本発明のガスタービン動翼を構成するNi基超合金に含まれるその他の元素の効果を次に示す。

【0040】Coはマトリックス中に固溶して高温強度を向上させると共に、耐食性向上に寄与するが、過剰に添加すると有害な金属間化合物の析出を助長し、高温強度の低下を招く。そのため、添加量は7.5～25%以下とし、特に7.5～10.5%の範囲が好ましく、最適な添加量は8～10.5%である。

【0041】Crは耐食性の向上のための必須元素であるが、過剰に添加すると有害な金属間化合物が析出し、高温強度が著しく低下する。そのため、添加量は2～25%以下とし、特に2～16%の範囲が好ましく、最適な添加量は6～9%である。Al及びTiはNi基超合金の強化因子である γ' 相すなわちNi₃(Al, Ti)を析出させるための必須元素であり、発電用ガスタービン用のノズル材として十分な高温強度を得るためには、Al:1～7%, Ti:0.5～5%の添加が必要である。さらに、望ましくはAl:4～7%, Ti:0.5～5%であり、最も好適な範囲はAl:5～6%, Ti:0.5～1%である。

【0042】Nb, Taは析出強化相である γ' 相に固溶し、高温強度の向上に寄与するが、過剰に添加すると結晶粒界に偏析し、かえって高温強度を低下させる。添加量はNb:3%以下, Ta:1～12%とし、特に、Taの好適範囲は2.5～5%である。

【0043】W, Mo及びReはマトリックスの γ 相を固溶強化し、特に長時間強度の改善に効果が大きい。しかし、過剰に添加すると金属間化合物やW, Mo及びReの一次固溶体の析出につながり、かえって高温強度を低下させる。そこで、添加量は、W:2～15%, Mo:6%以下, Re:4%以下とし、特にW:7～10%, Mo0.3～0.7%以下, Re:0～3.2%の範囲が好ましい。

【0044】

【発明の実施の形態】

*

表 1

	Cr	Co	W	Ra	Mo	Ta	Nb	Al	Ti	Hf	C	B	Zr
合金A	22	19	2.0	—	—	1.1	0.8	2.3	3.5	0.75	0.15	0.010	0.010
合金B	22	19	2.0	—	—	1.5	1.0	1.9	3.6	—	0.15	0.009	0.009
合金C	23	21	6.9	—	—	1.2	0.9	1.6	2.7	—	0.12	0.009	—
合金D	8.1	9.2	9.5	—	0.5	3.2	—	5.6	0.7	1.4	0.07	0.015	0.15

*〔実施例1〕図1は本発明に係る発電用ガスタービン用ノズルの斜視図である。冷却空気流入口4から冷却孔5にかけての内部冷却構造は、図2はシリカを主成分とする中子の平面図であり、それを用いて铸造が行われる。中子は铸造後にアルカリ溶液で除去される。

【0045】図3は本発明ノズルを内周側から外周側に凝固する製造方法を示すための装置の概略図である。外周側から内周側に凝固させる場合も同じ装置で行うことができる。まず、水冷銅チルプレート11の上にアルミナを主成分とするセラミック铸型16を固定する。それを铸型加熱炉18中でNi基超合金の融点以上に加熱する。次に、溶解炉19で合金を溶解し、その溶湯をセラミック铸型16中に铸込み、約5分間保持後、水冷銅チルプレート11を铸型加熱炉18から下方に引出し、合金を一方向凝固させた。一方向凝固では、最初スタータ12で多くの結晶が発生し、次にセクタ13で一つの結晶のみを選択的に成長させ、セクタより上の部分を単結晶とする。この単結晶は、拡大部14により拡大されるが、本実施例では、凝固方向に垂直な方向に大きな張り出し部が存在するため、この拡大部を複数個設けた。これにより、図4に示すようにサイドウォール2を完全な単結晶とすることが可能となったが、図5に示す一部に柱状晶が存在する場合もあった。さらに、場合によっては、図5に示すサイドウォール2の端部に等軸晶が存在するものもあった。図中、SCは単結晶、DSは柱状晶である。その割合は、完全に単結晶になるもの約50%、等軸晶の存在するもの約3%である。表1に示す合金を用いた場合、ノズルにおいては、サイドウォールに柱状晶が存在しても、強度上大きな問題はない。また、実機の運転条件によってはサイドウォールに等軸晶が存在しても問題にならない場合もある。この場合、翼部につながる拡大部以外は省略することも可能であるが、サイドウォール2の端部に引き果が発生しやすくなるため、拡大部を複数個設けることが歩留まりの点でも好ましい。外周側のサイドウォール3においては、中心部は翼部から連続して一方向凝固した単結晶又は柱状晶とすることは比較的容易である。しかし、サイドウォール3の張り出し部を単結晶又は柱状晶とするためには、図6に示すように凝固促進通路15を設けることが有効である。

【0046】

【表1】

(wt%; 残部Ni)

【0047】これは、本発明においては、張出し部を単結晶化するためのみではなく、柱状晶化するためにも用いられる。従って、凝固促進通路の起点は単結晶部のみでなく、柱状晶部でも構わない。本実施例では、凝固促進通路はチルプレート側のサイドウォール2の単結晶部又は柱状晶部からサイドウォール3の張出し部へ複数個設けた。これにより、約80%以上の歩留まりでサイドウォール3全体を単結晶又は柱状晶とすることが可能となった。前記のとおり、表1に示す合金であれば、サイドウォール3は柱状晶であっても実機での運転上問題ない強度を有する。本実施例において、サイドウォール2及び3の端部も含めてノズル全体が完全な単結晶となったものは全体の約5%であった。この結果は、単結晶専用合金を用いた場合の歩留まりが約5%であることを示しており、本実施例においては、表1に示す結晶粒界強化元素を含む合金を用いることで歩留まりを約70%まで改善できた。なお、以上の結晶性は、100%塩酸：100%過酸化水素水=9：1のエッチング液でマクロエッチングして確認した。

【0048】なお、鑄型加熱炉18はセラミック鑄型16が完全に引出され、凝固が完了するまで高温に保った。また、上記溶解と凝固の工程は全て真空中で行った。表2に鑄造条件を示す。鑄型加熱温度は、鑄型16の中の翼部1に相当する部分に熱電対を挿入して測定した。凝固が一方に進行しやすいように、加熱炉18を二段加熱方式とし、さらに、下部に仕切り板及び螺旋状の水冷銅パイプを設置して、凝固界面における温度勾配が大きくなるようにした。

【0049】本実施例のノズルの翼部1のサイドウォール間の長さは約100mmである。

【0050】

【表2】

＊

表 2

鑄型加熱温度	1540℃
鑄込み温度	1550℃
鑄型引出し速度	10cm/h
鑄型材質	アルミナ系セラミック鑄型

【0051】〔実施例2〕表3に示す合金を用いて、実施例1に示す方法に従って発電用ガスタービン用ノズルを鑄造した。図4に示すようにこのノズルは翼部1とサイドウォール2が完全に単結晶で、サイドウォール3中には隣接する結晶粒間の方位差が20°以内の柱状晶が一部に存在した。また、結晶粒界に沿った鑄造割れは認められなかった。

【0052】上記のノズルに、真空中で1250～1280℃、4～12hの溶体化熱処理を施した。この熱処理により、5%以上の初期溶解を生じることなく、体積率で50～90%の領域の粗大な析出 γ' 相を溶体化することができた。溶体化熱処理後、1000～1150℃で2～10h及び800～950℃で4～50hの二段時効熱処理を行い、 γ' 相が溶体化された領域に粒径が約0.5 μ mの微細な γ' 相を析出させた。このノズルの翼部から応力軸と〈100〉方位の方位差が10°以内になるように、厚さ2.5mm、幅4mm、平行部長200mmの板状試験片を採取し、ノズルのクリープ強度を評価した。

【0053】図7は溶体化処理を施したノズルのクリープ破断時間と γ' 相との関係を示す線図であり、溶体化熱処理を施さないものと比べて約1.5～2.5倍に向上した。

【0054】

【表3】

表 3

(wt%;残部Ni)

Cr	Co	W	Re	Mo	Ta	Nb	Al	Ti	Hf	C	B	Zr
6.0	9.0	8.0	2.8	0.3	3.0	0.1	5.5	0.5	0.5	0.05	0.010	0.005
>	>	>	>	>	>	以下	>	>	>	>	>	>
7.0	9.5	9.0	3.1	0.7	3.5		6.0	0.8	1.0	0.10	0.025	0.010

【0055】なお、従来の柱状晶用の鑄造法では各柱状晶の成長方向と垂直方向の結晶方位を制御できなかったため、隣接する結晶粒間の方位差が大きい（約20°以上）粒界で鑄造時に粒界割れが発生し、歩留まりが悪かった。本発明の方法では、凝固開始部を単結晶とすることで、この単結晶を種にして柱状晶を成長させるため、柱状晶部においても、隣接する結晶粒間の方位差を20°以内とすることが可能なため、粒界割れは発生せず、高強度ノズルを高い歩留まりで製造することが可能となった。この結果、従来の柱状晶ノズルと比べて歩留まりが15%から70%と約5倍向上するとともに、溶体化処理を施すことで、1040℃、14kgf/mm²の条件

のクリープ破断時間が翼部で193hから456hと2倍以上向上した。また、本発明ノズルのサイドウォール部の一部は柱状晶であるが、溶体化熱処理を施すことで、柱状晶部のクリープ破断時間も従来の柱状晶ノズルの約2倍となる。

【0056】本発明ノズルと単結晶ノズルを比較すると、本発明ノズルは高温クリープ強度では単結晶ノズルに劣っている。しかし、本発明ノズルは結晶粒界強化元素を含有しているため、翼部以外の部分では結晶粒界の存在を許容できる。従って、結晶粒界の存在を許容できない従来の単結晶ノズルと比べて製造歩留まりが飛躍的に向上する。また、本発明ノズルの柱状晶部の700℃

付近の引張り強度は単結晶ノズルより約1割高かった。これは、柱状晶の結晶粒界が引張り強度の向上に寄与しているものと考えられるが、サイドウォール部に要求されるのは高温でのクリープ強度ではなく700℃付近の温度領域での引張り強度であるため、翼部を単結晶、翼部以外を柱状晶とする構造は、発電用ガスタービン用ノズルとして極めて有効であると言える。

【0057】表4に本発明ノズルと従来ノズルの鑄造条件及び合金組成を示す。

【0058】

【表4】

表 4

鋼の種類	製造条件				クリーブ		引伸力強度 (kgf/cm ²)		合金組成 (N, wt.%)											
	鍛造温度	圧入冷却率	欠陥発生率	歩行度	延性時間	延. T.	700℃	300℃	C	Cr	Co	V	Mo	Ta	Al	Ti	Hf	B	Zr	
本材料	1540℃	9%	30%	10%	455h	192	128	95	0.05	8.0	9.0	3.0	2.8	8.1	3.0	3.3	0.5	0.5	0.010	0.015
				70%	450h*	115*	118*	88*	—	4.11	—	1.6	—	3.1	—	0.7	—	0.0	—	0.9
注成鋼/ノズル	1500℃	75%	20%	15%	132h	101	107	89	0.07	6.6	9.2	6.5	3.0	6.3	4.1	3.66	0.69	1.4	0.018	0.06
				50%	75h	101	102	89	—	6.6	9.6	6.4	3.0	6.6	3.3	3.0	1.0	0.1	—	—
注成鋼/ノズル	1500℃	9%	96%	5%	75h	101	102	89	—	6.6	9.6	6.4	3.0	6.6	3.3	3.0	1.0	0.1	—	—

クリヤー樹脂接着剤：1040℃-14kgf/cm²

試験片位置(クリープ試験、引張り試験)

本発明：黒印は胃腸（単結晶）、※印は別種丸糖（柱状晶）

圖書：第24卷

地址：黃亞路

本発明及び基礎品ノズルは浮体加熱処理を要す。柱状品ノズルは時効熱処理のみ。

しながら、共晶組織の融点を上昇させる方法について述べる。

【0060】従来の粒界強化元素を含む合金は、C、B、Hf、Zr等を多量に含んでおり、共晶部の融点が高いため十分な溶体化熱処理ができなかった。そこで、重量で、

C_r : 2.0~16.0% C_o : 7.5~10.5%

W : 2.0 ~ 15.0% Re : 0 ~ 4.0%

Mo : 0~6.0% Ta : 2.0~12.0%

10 Al : 4.0~7.0% Ti : 0.5~5.0%

Zr : 0~0.02% Hf : 0.1~1.1%

を含むNi基の合金について、合金のC量とB量の割合を変化させ、初期溶融を体積率で5%以上生じること無く体積率で50%以上の析出 γ' 相を γ 相中に固溶させる溶体化熱処理が可能で、かつ鑄造時に粒界割れの生じない組成を検討した。なお、検討は実際に図1に示す形状のノズルを鑄造して行った。

【0061】初期溶融を体積率で5%以上生じること無く、体積率で50%以上の析出 γ' 相を γ 相中に固溶させるためには、C量を0.2%以下、B量を0.035

% 以下にする必要があった。しかし、この範囲では、隣接する結晶粒間の方位差がランダムである通常の柱状晶ノズルを鋳造した場合、サイドウォールの端部を除いてほぼ全面に粒界割れが発生した。代表的な粒界割れの形態を図8に示す。

【0062】次に、実施例1に示す方法でノズルを铸造した。この場合、中子を铸ぐるんで凝固し、かつ薄肉とする翼部では、図9に示すように、チルプレート側サイドウォールとも隣接する結晶粒間の方位差が 8° 以内であれば粒界割れは発生しなかった。また、サイドウォール部では隣接する結晶粒間の方位差が 20° 以内であれば粒界割れが発生しなかった。

【0063】さらに、C量を0.025%以下、B量を0.005%以下としたところ、通常の柱状晶ノズルではサイドウォールの端部を含む全面で粒界割れが発生した。実施例1に示す方法で铸造したノズルでは、サイドウォール部においては、隣接する結晶粒間の方位差が20°以内であっても8°以上の場合は粒界割れが発生した。翼部では隣接する結晶粒間の方位差が5°以内であれば粒界割れは発生しなかった。

【0064】初期溶融した部分が体積率5%を超えると、1040℃、14 kgf/mm²のクリープ破断時間が300hに満たなかった。また、溶体化された析出 γ' 相の量が体積率で50%以下の場合も300hに満たなかった。また、C量が0.1%以上では、初期溶融を体積率で5%以上生じること無く、体積率で50%以上の析出 γ' 相を γ 相中に固溶させても破断時間が300hを下回る場合があった。以上の結果をまとめて図10に示す。この図から、高温強度に優れかつ粒界割れを生じないノズルは、翼部を隣接する結晶粒間の方位差が8°

【００５９】〔実施例３〕実施例２において、粒界強化元素を含む本発明ノズルに溶体化熱処理を行えたのは、C、B、Hf、Zrの添加量を制御し、共晶組織の融点を上昇させるためである。以下に結晶粒界の強度を維持

以内の柱状晶、サイドウォールを隣接する結晶粒間の方位差が 20° 以内の柱状晶とし、C量とB量をA(C0.10%, B0.002%), B(C0%, B0.01%), C(C0%, B0.035%), D(C0.1%, B0.035%)の範囲にすることで製造できることがわかる。

【0065】〔実施例4〕実施例1では、ノズルをサイドウォール長手方向と直角方向に凝固させる。この場合、成長方向が $\langle 100 \rangle$ 方向となり、この方向がノズルの最も熱応力の厳しい方向と一致するため熱応力を緩和する上で都合が良い。しかし、鑄造の観点からは、凝固方向に対して直角方向への張出し部が多いため凝固が不連続になりやすく、等軸晶及び引け巣の発生等の問題がある。そこで、本実施例では、ノズルをサイドウォール長手方向と平行方向に凝固させた。凝固方向は翼部のガス入口側からガス出口側とし、図11に示すように熱応力の最も厳しくなるサイドウォール長手方向と直角方向に $\langle 100 \rangle$ 方向を合わせるため、種結晶を用いて鑄造した。また、凝固方向にはもう一つの $\langle 100 \rangle$ 方向を合わせた。鑄造方案を図12に示す。拡大部は三つに分け、張出し部には凝固促進通路を設けた。本方案では、実施例1に示す方法と比べて、サイドウォール部の結晶欠陥発生率が低下した。

【0066】〔実施例5〕図13は一体の鑄物中に翼部が二つある例のノズルの斜視図である。このタイプのノズルは、翼部が一枚のノズルと比べて、凝固方向と垂直方向の張出し部が非常に大きくなるため、従来の方法では単結晶化が非常に難しい。そこで、図14に示すように、鑄造方向をサイドウォール長手方向に垂直方向とし、種結晶を各翼部の下に設けた。種結晶の方位は凝固方向を $\langle 100 \rangle$ 方向、サイドウォール長手方向と平行方向をもう一方の $\langle 100 \rangle$ 方向とした。鑄造に用いた合金の組成は表1に示したものと同一である。複数の種結晶を用いて鑄造した場合、異なる種結晶を核とした結晶粒同士の界面は結晶粒界となる。これは、一方向凝固法で大型品を鑄造する場合、凝固中に凝固方向と垂直

表 5

* 方向の方位が徐々に回転してしまうため、結晶方位を正確に合わせた種結晶を複数個用いた場合でも合体部の方位差を 3° 以内程度に収めることは難しい。このため、結晶粒界の存在を許容できない、従来の単結晶合金では、このように種結晶を複数個用いて鑄造することは非常に難しい。しかし、種結晶を一つとすると、張出し部で異結晶が発生しやすくなり、翼部のみを単結晶化することも難しい。従って、従来法では少なくとも翼部を単結晶とする、一体の鑄物中に翼部が複数個有る大型発電用ガスタービン用ノズルの製造は困難であった。しかし、本発明では、隣接する結晶粒間の方位差を 8° まで、特にサイドウォールにおいては 20° まで許容できるため、複数の種結晶を用いることで、少なくとも翼部のみを単結晶とする大型ノズルの製造が可能となった。また、翼部が一つのノズルにおいても、本発明の方法によれば種結晶を複数個用いて張出し部を単結晶化することが可能である。

【0067】図15は二つの種結晶から成長した単結晶の結晶粒界の強度を評価するために、厚さ15mmの二結晶平板を鑄造した平面図である。試験片切り出し方向は図10に示すように結晶粒界と垂直方向及び平行方向とした。また、試験に用いた二結晶平板の凝固方向の結晶方位の差は 1° 以内であった。

【0068】試験に用いた合金の組成を表5に示す。このうち、比較合金は特公平3-75619号公報に示された単結晶合金で、特公平3-75619号公報に示された熱処理を施した。本発明合金の熱処理条件は、真空中で $1250 \sim 1280^\circ\text{C}$ 、 $4 \sim 20\text{h}$ の溶体化熱処理後、 $1000 \sim 1150^\circ\text{C}$ で $2 \sim 10\text{h}$ 及び $800 \sim 950^\circ\text{C}$ で $4 \sim 50\text{h}$ の二段時効熱処理とした。試験結果を表6に示す。この結果から、本発明合金は結晶方位の差が 20° までは大幅な強度低下が認められないのに対して、単結晶合金である比較合金は僅かの結晶方位の差も許容できないことがわかる。

【0069】

【表5】

(wt%; 残部Ni)

	Cr	Co	W	Re	Mo	Ta	Nb	Al	Ti	Hf	C	B	Zr
本発明	6.4 ?	9.3 ?	6.2 ?	2.8 ?	0.5 ?	6.3 ?	—	5.4 ?	0.8 ?	0.10 ?	0.03 ?	0.002 ?	0.02 以下
比較合金	6.8	10.0	6.6	3.2	0.7	6.7	—	5.8	1.2	1.1	0.10	0.035	—

【0070】

【表6】

表 6

	方位差 (凝固方向と 垂直方向)	試験片 採取方向	クリープ破断時間 (1040℃-14kgf/mm ²)
本 発 明	3°	平行	4 3 7 h
		垂直	3 9 9 h
	12°	平行	4 1 5 h
		垂直	2 2 5 h
	18°	平行	4 2 1 h
		垂直	1 1 5 h
比 較 合 金	1°以下	平行	4 4 6 h
		垂直	4 2 3 h
	5°	平行	3 5 0 h
		垂直	1 2 h
	10°	平行	1 0 h
		垂直	0.3 h

【0071】〔実施例6〕本発明のガスタービンノズルとして次の請求項に該当する前述と同様に製造される。

【0072】図16は請求項3に該当するもの、図17は請求項4に該当するもの、図18は請求項6に該当するもの、図19は請求項7に該当するもの、図20は請求項8に該当するもの、図21は請求項10に該当するもの、図22は請求項11に該当するもの、図23は請求項13に該当するものである。

【0073】〔実施例7〕図24はガスタービン回転部分の断面図である。30はタービンスタブシャフト、33はタービン動翼、40はタービンノズル、43はタービンスタッキングボルトである。本発明のガスタービンは一軸型のスタッキング式ロータからなり、コンプレッサディスク36が17段あり、またタービンディスク34は3段である。初段及び第二段タービンの動翼及びノズルは空冷式である。燃焼器はバースフロー形でスロットクール式で16缶ある。圧縮機の圧縮比は14:1で、出口温度は400℃である。燃焼器での燃焼ガス温度は1475℃で、タービン入口でのガス温度は1350℃である。

【0074】ディスタントピース49、タービンディスク34、スパーサ48、スタッキングボルト43は重量で、C:0.01~0.05%, Si:0.10~0.30%, Mn0.10~0.30%, Cr:13.0~19.0%, Fe:35.0~45.0%, Mo:0.1~1.0%, Nb:2.0~4.0%, Ti:1.0~2.5%, Al:0.1~0.3%, Co:0.1~0.9%, 残部NiからなるNi基超合金が用いられる。本実施例における特性として、引張り強さが100~115kgf/mm²、0.2%耐力80~90kgf/mm²、伸び率10~25%、絞り率35~65%であった(いずれも538℃の

値)。

【0075】タービンノズル40は3段有るが、そのうちの初段に本発明品を適用した。初段ノズルは一つの翼部が一つの鑄造品からなるタイプで全部で82枚あるが、その内の4枚に実施例1に示したセレクト法で製造したノズル、他の4枚に実施例4に示した種結晶法で製造したノズルを適用した。このうち、種結晶法で製造したノズルはサイドウォール長手方向と平行方向に一方凝固させ、凝固方向の方位を〈100〉方位とし、サイドウォール長手方向に垂直方向の方位を〈100〉としたものと〈110〉としたものを2枚ずつとした。また、セレクト法で製造したノズルはサイドウォールまで完全に単結晶としたもの1枚、外周側のサイドウォールの一部を柱状晶とした2枚、外周側のサイドウォールの一部が柱状晶でかつ内周側及び外周側のサイドウォールの端部に等軸晶が存在するもの1枚とした。合金は表7中の合金Eを用い、熱処理条件は、真空中で1250~1280℃、4~20h後水冷+1080℃-4h後空冷+871℃-20h後空冷とした。第二段のノズルはサイドウォールが片側のみにあるタイプであるが、この内の8枚に翼部が単結晶で、サイドウォールの一部を柱状晶としたノズルを用いた。このノズルはセレクト法で鑄造し、翼部側からサイドウォール方向に一方凝固させた。合金は表7中の合金Fを用いた。第三段のノズルも片持ち式であり、表7中の合金Fの等軸晶を用いた。第二、第三ノズルの熱処理条件は、1230℃-2h後空冷+1080℃-4h後空冷+871℃-20h後空冷とした。

【0076】

【表7】

表 7

(wt% : 殘部Ni)													
	Cr	Co	W	Re	Mo	Ta	Nb	Al	Ti	Hf	C	B	Zr
合金E	8.0	9.0	8.0	2.8	0.3	3.0	0.1 以下	5.5	0.5	0.5	0.05	0.010	0.005
	?	?	?	?	?	?		?	?	?	?	?	?
	7.0	9.5	9.0	3.1	0.7	3.5		6.0	0.9	1.0	0.09	0.025	0.010
合金F	7.5	9.0	9.3	—	0.4	3.0	0.1 以下	5.4	0.6	1.2	0.07	0.010	0.007
	?	?	?		?	?		?	?	?	?	?	?
	8.5	10.5	10.5		0.6	3.3		5.7	1.2	1.8	0.18	0.020	0.015

【0077】タービン動翼33は3段あるが、そのうちの初段（翼長235mm）には表7中の合金Eの鑄造した単結晶翼を用いた。熱処理条件は初段ノズルと同一とした。また、第二段動翼（翼長280mm）及び第三段動翼（翼長350mm）には0.07% C-6.0% Cr-9.3% Co-0.5% Mo-8.4% W-2.9% Re-3.4% Ta-5.7% Al-0.7% Ti-0.015% B-0.005% Zr-1.4% Hf-残部Ni（重量%）の合金で鑄造した柱状晶翼を用いた。熱処理条件は1080℃-4h後空冷+871℃-20h後空冷とした。

【0078】本実施例によって得られる発電出力は60MWで、熱効率は34%以上の高いものが得られる。

【0079】本実施例のガスタービンを約1年後に定期点検し、初段に適用した本発明ノズルの損傷状況を調査した。本発明ノズルと同時に使用されていた0.15% C-2.0% Co-2.3% Cr-2% W-0.01% B-0.5% Fe-3.7% Ti-1.0% Nb-1.4% Ta-1.9% Al-残部Ni（重量%）の組成の等軸晶ノズルは、翼部にサイドウォールと垂直方向の割れが多数あり、一部はサイドウォールまで達していた。この割れは熱応力により生じたものと考えられる。これに対し、本発明ノズルのうち、セレクト法で作成したもの及び種結晶法で作成し、サイドウォール長手方向に垂直方向方位を〈100〉としたものには約1年間の使用後も割れがまったく存在しなかった。また、柱状晶及び等軸晶の存在するサイドウォール部にも割れは見つからなかった。しかし、サイドウォール長手方向に垂直方向方位を〈110〉としたものには翼部にごく少数の割れが見つかった。以上の結果は、翼部を単結晶とし、サイドウォール長手方向と垂直方向方位を〈100〉とした本発明ノズルの優れた耐熱応力性を示したものであり、さらに温度が翼部ほど高温とならないサイドウォール部には柱状晶又は等軸晶が存在しても実機運転上なんら問題無いことを示している。図25に本発明ノズルに用いた表7中の合金Eの高温低サイクル疲労試験結果を示す。この結果から、結晶方位が等しい場合は単結晶と柱状晶の疲労寿命はほぼ同一であり、このことから最も熱応力の高くなる方向を〈100〉方向としておけば、柱状晶でも単結晶と同等の疲労寿命が得られることがわかる。

【0080】【実施例8】図26は実施例6のガスター

ビンと蒸気タービンを併用した一軸型コンバインドサイクル発電システムを示す概略図である。

【0081】ガスタービンを利用して発電を行う場合、近年では液化天然ガス（LNG）を燃料としてガスタービンを駆動するとともにガスタービンの排ガスエネルギーを回収して得た水蒸気で蒸気タービンを駆動し、この蒸気タービンとガスタービンとで発電機を駆動するようにした、いわゆる複合発電方式を採用する傾向にある。この複合発電方式において以下のシステム構成によって従来の蒸気タービン単独の場合の熱効率40%より高い約46%以上の高熱効率が可能となる。

【0082】まず空気が吸気フィルタと蒸気サイレンサを通してガスタービンの空気圧縮機に入る。ここで約14倍に圧縮され約400℃となった空気は低NO_xタイプの燃焼器に導かれる。燃焼器では、この圧縮空気に燃料を噴射し、1470℃の高温高压ガスとし、このガスがタービンで仕事をするすることで動力が発生する。

【0083】タービンから排出された530℃以上の排ガスは、排気サイレンサを通して排熱回収ボイラへ送られ、この熱エネルギーから530℃以上の高压水蒸気が得られる。このボイラには乾式アンモニア接触還元による脱硝装置が設けられている。排ガスは3脚集合体の高さ約200mの煙突から外部に排出される。排熱回収ボイラで発生した高压及び低圧の蒸気は高低圧一体ロータからなる蒸気タービンに送られる。

【0084】蒸気タービンで仕事をした蒸気は、復水器で真空脱気された復水になり、復水ポンプで昇圧され給水となってボイラに送られる。ガスタービンと蒸気タービンは一つの発電機の両端から発電機を駆動して発電する。このような複合発電システムに用いられるガスタービンの高温部の冷却には、通常の圧縮空気他に、蒸気タービンで利用される蒸気を用いることがある。蒸気は空気と比較して比熱が大きくかつ軽いので、空気と比べて冷却効率が高い。この場合、効率向上のため蒸気は閉じられた空間の中を循環するシステムが形成され、動翼及びノズルは空冷のように冷却孔を持たないクローズドタイプとなる。実施例6中に示したとおり、本発明ノズルは熱疲労によるクラックが発生しにくいので、クローズドタイプのノズルとして好適である。

【0085】このコンバインド発電システムはガスター

ビンが60MW、蒸気タービンが30MWの発電を行う。本システムは同等の発電容量の蒸気タービンと比べてコンパクトとなるので、蒸気タービンより安価で製造可能である。

【0086】本発明に係る蒸気タービンは高低圧一体型蒸気タービンとし、この高低圧一体型蒸気タービンの主蒸気入口部の蒸気圧力を100atg、温度を538℃に上昇させることによりタービンの単機出力の増加が図れる。単機出力の増加に対応して最終段動翼の翼長を30インチ以上に増大し、蒸気流量を増加させた。

【0087】本発明に係る蒸気タービンは高低圧一体型ロータシャフトに植設された動翼を13段以上備えており、蒸気は蒸気コントロールバルブを通過して蒸気入口より前述のごとく、蒸気圧力100atg、温度を538℃で流入する。蒸気は入口より一方向に流れ、蒸気圧力722mmHg、蒸気温度33℃となって最終段動翼後部の蒸気出口より排出される。本発明に係る高低圧一体型ロータシャフトはNi-Cr-Mo-V低合金鋼が用いられる。ロータシャフトの動翼植込み部はダブティル状となっており、ロータシャフトより切削加工される。ダブティル部の長さは動翼が短いほど長くなり、振動を低減するようになっている。

【0088】本実施例に係る高低圧一体型ロータシャフトはC:0.18~0.30%, Si:0.1%以下, Mn0.3%以下, Ni:1.0~2.0%, Cr:1.0~1.7%, Mo:1.0~2.0%, V:0.20~0.30%, 残部Feよりなり、900~1050℃で水噴霧冷却によって焼き入れ後、650~680℃で焼き戻しされる。

【0089】プラントの構成は、ガスタービン、蒸気タービン及び発電機を一軸とした一軸型の他に、ガスタービン一機に対して発電機1台の組合せを複数組み設置し、さらに複数機のガスタービンの排ガスを一機の蒸気タービンに集合し、一機の蒸気タービンで1台の別の発電機を駆動する多軸形とすることもできる。

【0090】複合発電システムは、短時間で起動可能なガスタービンと小型で単純な構造の蒸気タービンの組合せで成り立っており、このため、出力調整が容易で、需要の変化に即応した中間負荷火力として最適である。

【0091】ガスタービンの信頼性は、最近の技術の発展により飛躍的に向上しており、また、複合発電プラントは、小容量機の組合せでシステムを構成しているので、万一故障が発生してもその影響を局部的に止めることができる。

【0092】

【発明の効果】本発明によれば、優れた高温強度を有する大型ノズルを高い歩留まりで製造することが可能となる。従って、燃焼ガス温度の上昇による発電効率の向上或いはノズルの長寿命化によるプラントの信頼性向上等の顕著な効果が発揮される。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明に係るガスタービン用ノズルの斜視図。

【図2】本実施例に示す冷却孔作製用の中子の平面図。

【図3】本発明に係るガスタービン用ノズルを製造する装置の概略を示す構成図。

【図4】本発明に係るガスタービン用ノズルの斜視図。

【図5】本発明に係るガスタービン用ノズルの斜視図。

【図6】本発明に係るガスタービン用ノズルの斜視図。

【図7】本発明によって得られたノズルと従来ノズルの

10 高温強度を示す比較図。

【図8】従来の柱状晶ノズルに見られた粒界割れの状況を示すスケッチ図。

【図9】本発明に係るガスタービン用ノズルの斜視図。

【図10】合金の初期溶融を生じることなく析出γ'相を溶体化でき、かつ粒界割れの起こらないC量とB量の関係を示す図。

【図11】本発明に係るガスタービン用ノズルの斜視図。

【図12】本発明において、凝固方向をサイドウォール長手方向と平行方向とした場合の鑄造法案を示す構成図。

【図13】本発明において、一つの鑄物中に翼部を二枚有する構造のノズルの斜視図。

【図14】本発明において、一つの鑄物中の翼部を二枚有する構造のノズルの鑄造法案を示す構成図。

【図15】本実施例に示す、結晶粒界の強度を評価するために用いた二結晶平板と試験片の採取方向を示した概略図。

【図16】本発明に係るガスタービン用ノズルの斜視図。

【図17】本発明に係るガスタービン用ノズルの斜視図。

【図18】本発明に係るガスタービン用ノズルの斜視図。

【図19】本発明に係るガスタービン用ノズルの斜視図。

【図20】本発明に係るガスタービン用ノズルの斜視図。

【図21】本発明に係るガスタービン用ノズルの斜視図。

【図22】本発明に係るガスタービン用ノズルの斜視図。

【図23】本発明に係るガスタービン用ノズルの斜視図。

【図24】本実施例に係るガスタービンの構成図。

【図25】本実施例に示す、単結晶と柱状晶の高温低サイクル疲労強度の比較図。

【図26】本実施例に係る複合発電プラントの構成図。

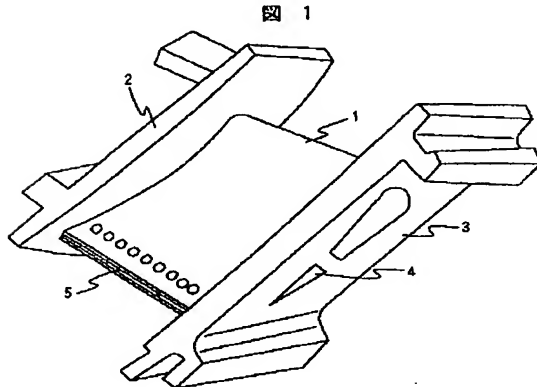
【符号の説明】

50 1…翼部、2…サイドウォール（内周側）、3…サイド

29

ウォール（外周側）、4…冷却空気流入口、5…冷却孔、11…水冷銅チルプレート、12…スタータ、13…セレクト、14…拡大部、15…凝固促進通路、16…セラミック鑄型、17…押湯部、18…鑄型加熱炉、19…溶解炉、20…真空ポンプ、21…粒界割れ、22…種結晶、23…結晶粒界、24…平行方向試験片、25…垂直方向試験片、26…結晶1の方位、27…結*

【図1】

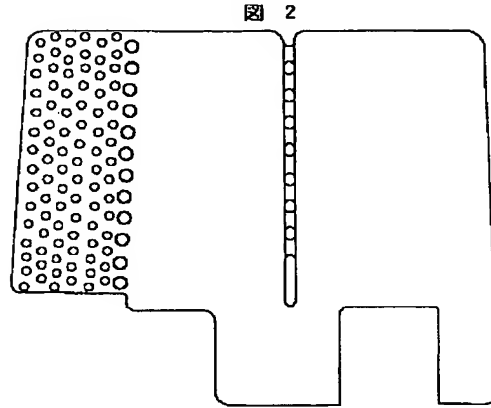


1…翼部 2, 3…サイドウォール
4…冷却空気流入口 5…冷却孔

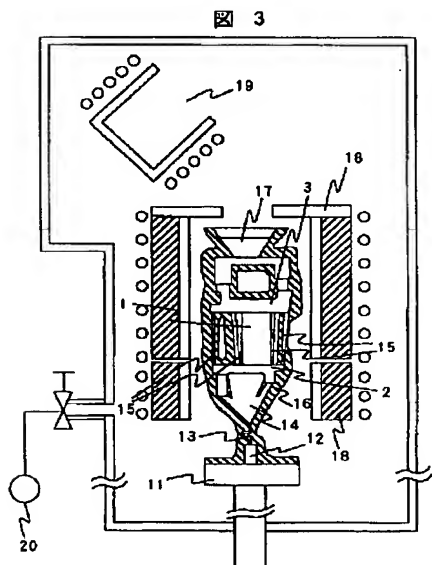
30

* 晶2の方位、28…結晶1と結晶2の方位差、30…タービンスタブシャフト、33…タービン動翼、34…タービンディスク、36…コンプレッサディスク、37…コンプレッサ動翼、38…コンプレッサスタッキングボルト、39…コンプレッサスタブシャフト、40…タービンノズル、43…タービンスタッキングボルト、48…スペーサ、49…ディスタントピース。

【図2】

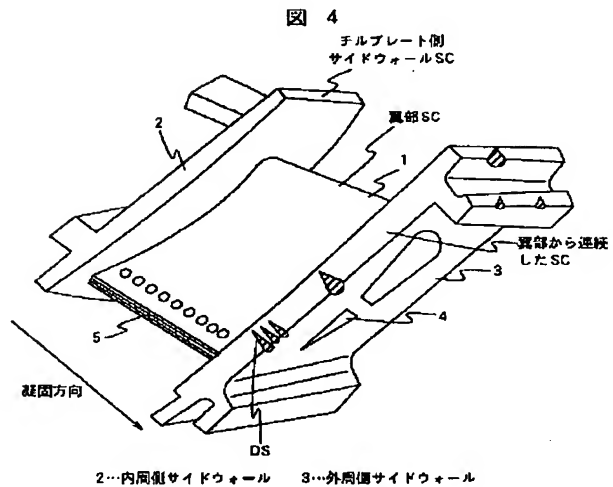


【図3】



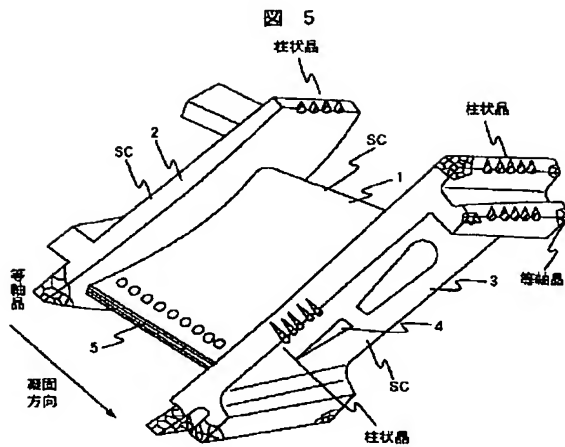
11…水冷銅チルプレート 12…スタータ 13…セレクト
14…拡大部 15…凝固促進通路 16…セラミック鑄型
17…押湯部 18…鑄型加熱炉 19…溶解炉 20…真空ポンプ

【図4】

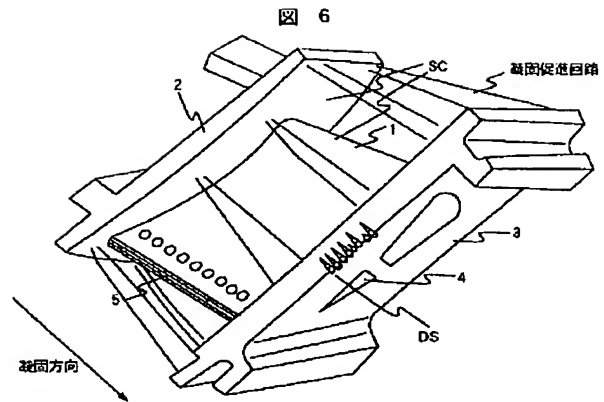


2…内周側サイドウォール 3…外周側サイドウォール

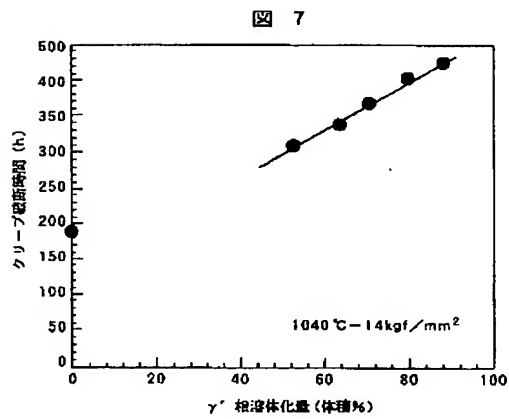
【図5】



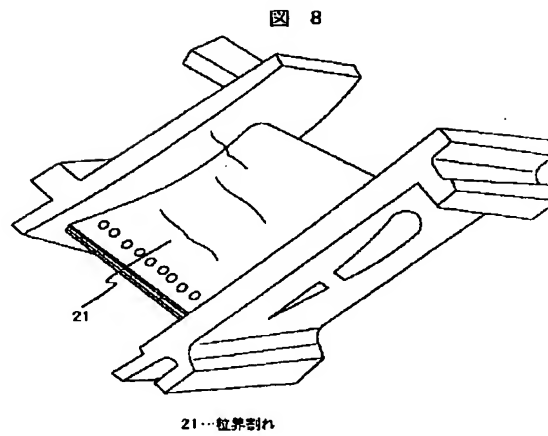
【図6】



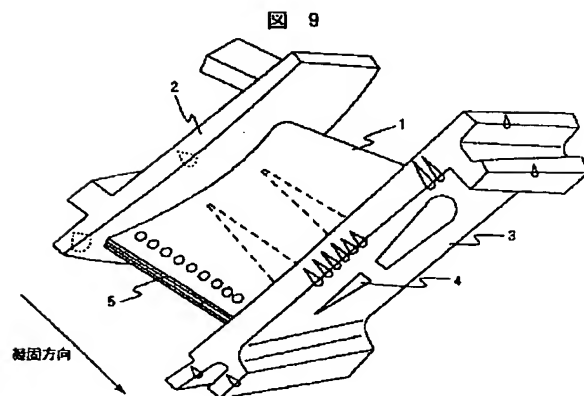
【図7】



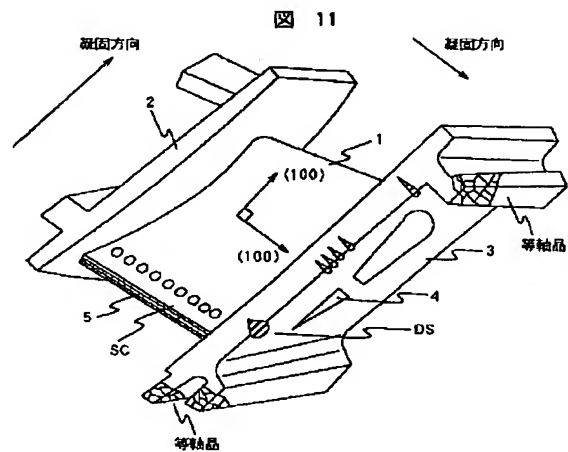
【図8】



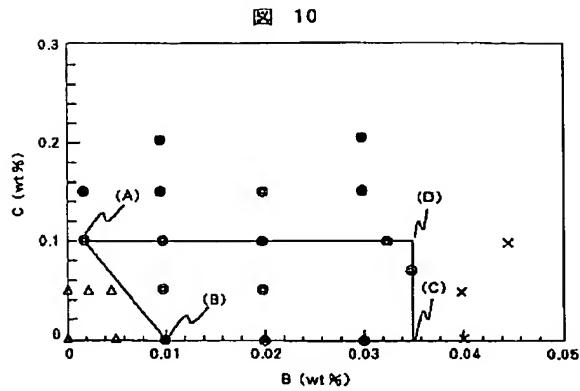
【図9】



【図11】



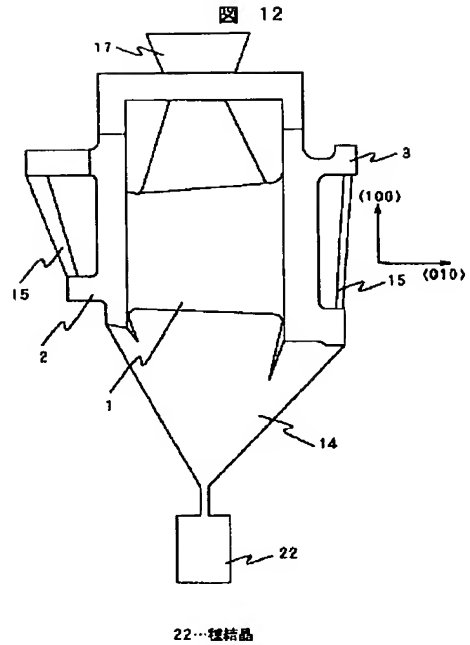
【図10】



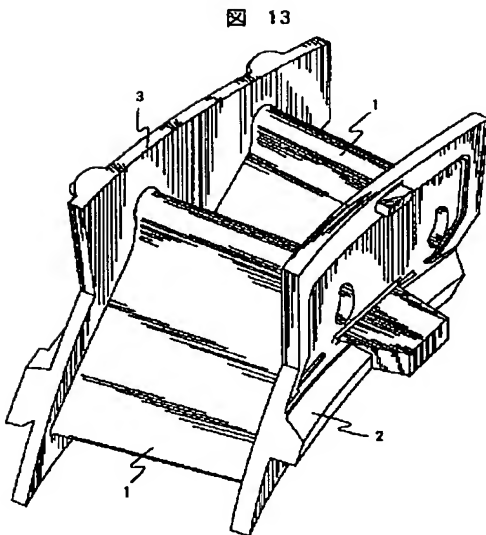
記号	粒界 割れ	初期 溶融	1040-14kgf/mm ² クリープ破断時間
△	有り	無し	300h以上
×	無し	有り	300h以下
⊙	無し	無し	300h以上
●	無し	無し	300h以下

粒界割れの有無は隣接する結晶位間の
方位差が8-20°のサイドウォール面で作定

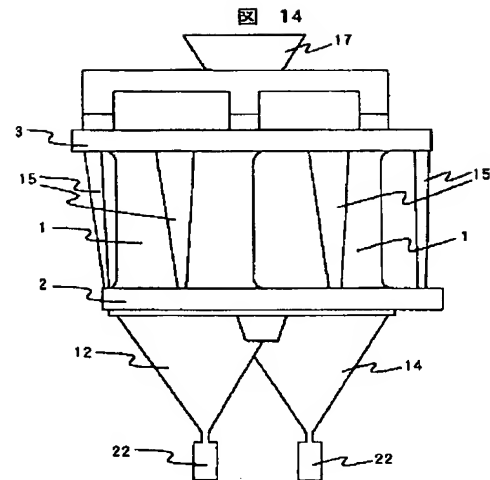
【図12】



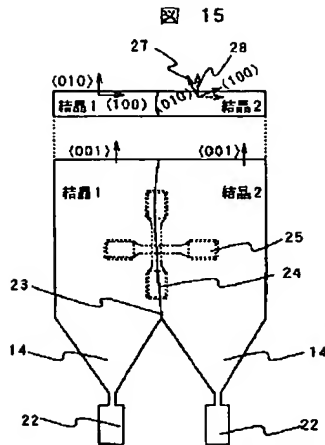
【図13】



【図14】

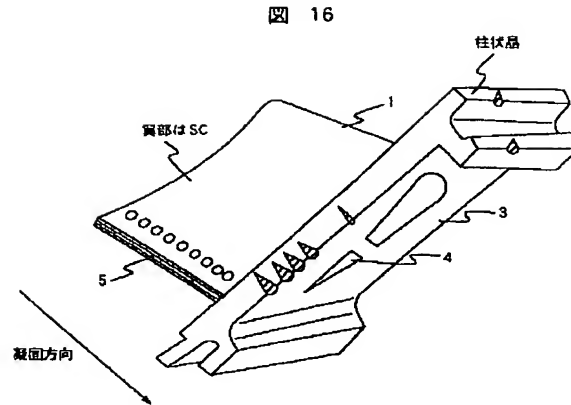


【圖 15】

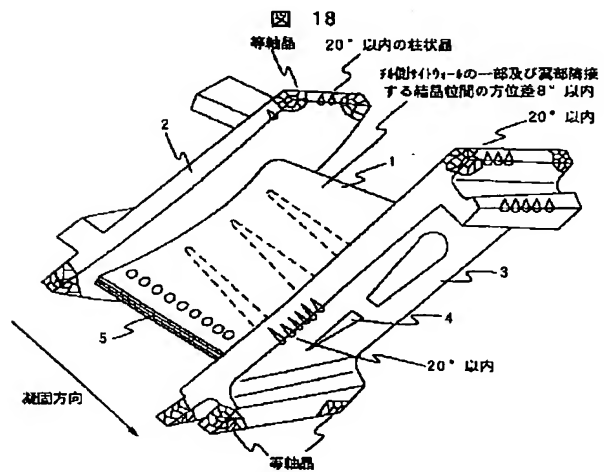


23…結晶粒界 24…平行方向試験片 25…垂直方向試験片
26…結晶1の方位 27…結晶2の方位 28…結晶1と結晶2の方位差

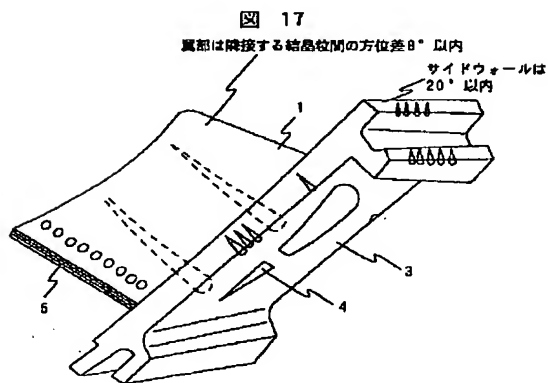
【圖 16】



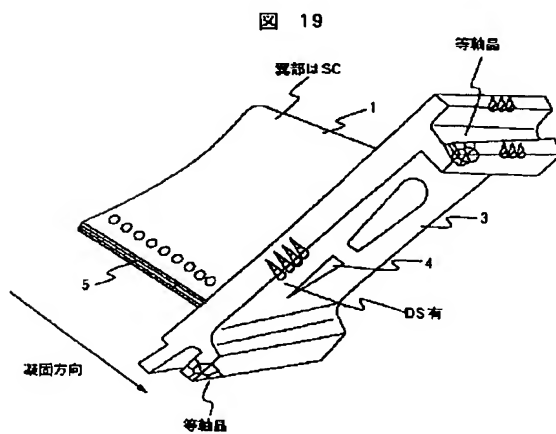
【图 18】



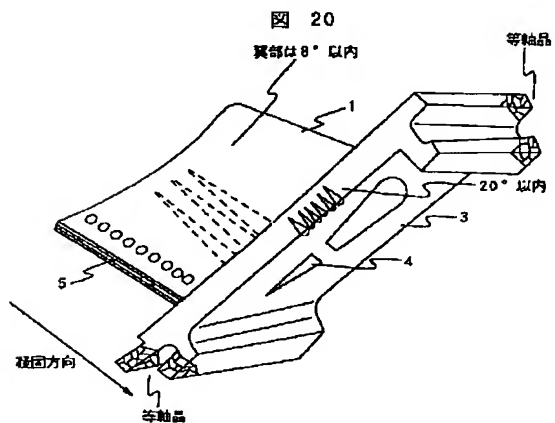
【图 17】



【図 19】

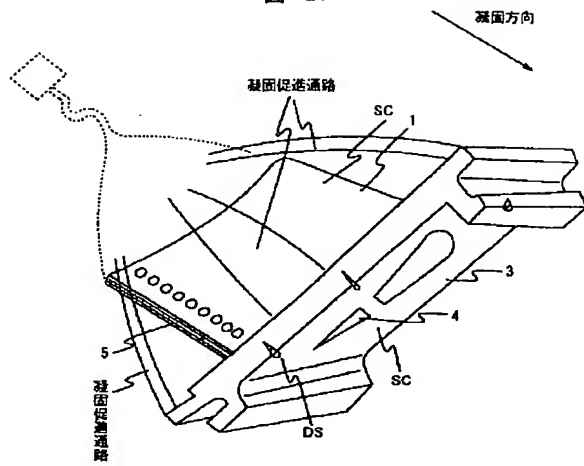


【図20】



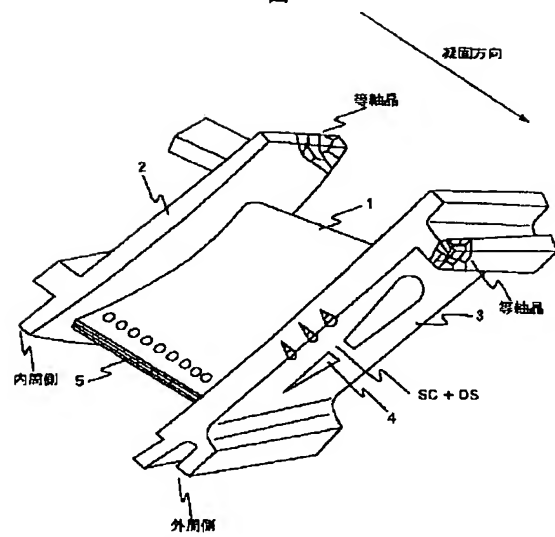
【図21】

図 21



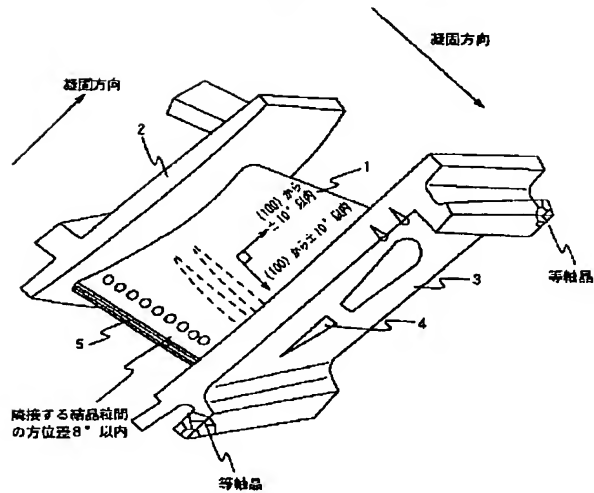
【図22】

図 22



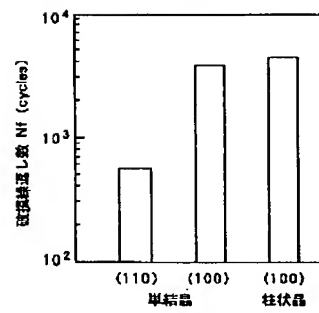
【図23】

図 23



【図25】

図 25



【図24】

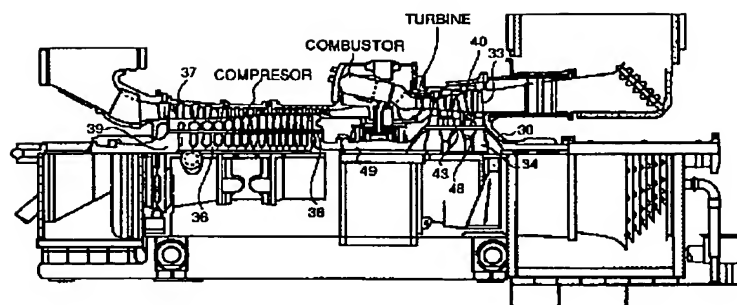
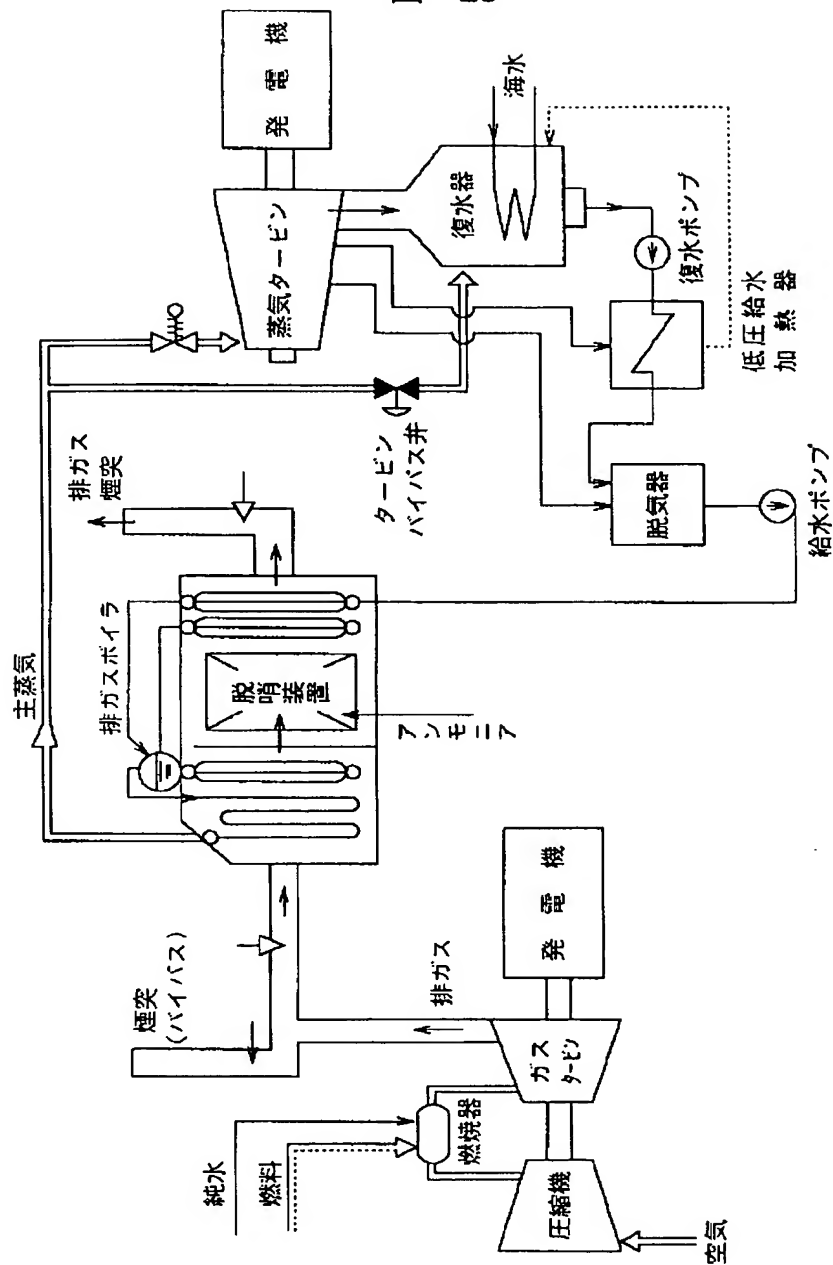


図 24

【図26】

図 26



フロントページの続き

(72)発明者 斉藤 年旦
茨城県日立市大みか町七丁目1番1号 株
式会社日立製作所日立研究所内

(72)発明者 渡部 典行
茨城県日立市大みか町七丁目1番1号 株
式会社日立製作所日立研究所内

(72)発明者 土井 裕之
茨城県日立市幸町三丁目1番1号 株式会
社日立製作所日立工場内